



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



# **TESIS**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
INTELIGENTE PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL  
LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA – UNPRG**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**ELABORADO POR**

Bach. Nepo Díaz Salvador Steve

Bach. Zatta Dávila Cristian Arturo

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2018**

# **TESIS**

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE PARA  
DISMINUIR EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA  
ELECTRÓNICA – UNPRG

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
**INGENIERO ELECTRÓNICO**

APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

---

**Ing. HUGO JAVIER CHICLAYO PADILLA**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA**  
**SECRETARIO**

---

**Ing. MARTÍN NOMBREA LOSSIO**  
**VOCAL**

---

**Ing. MANUEL RAMIREZ CASTRO**

## **ASESOR**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser el manantial de vida y otorgarme lo necesario para seguir adelante día tras día hacia lograr mis objetivos.

A mis padres Carmen y Arturo, que fueron mi principal inspiración, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor

incondicional, todo esto te lo debo a ustedes.

A mis hermanos Adriana, Karina y Julio, por la confianza depositada en mí, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

*Cristían Arturo Zatta Dávila*

## **AGRADECIMIENTOS**

A quienes me brindaron amor y confianza. A quienes que sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. A quienes nunca podré pagar todos sus desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo...A mis padres.

A mi asesor de Tesis Ing. Manuel Ramírez por el apoyo y por el tiempo invertido para sacar este proyecto adelante.

Y a todas las personas que con su experiencia, opinión y críticas constructivas permitieron que esta meta se concrete.

*Cristían Arturo Zatta Dávila*

## **RESUMEN**

Desde la antigüedad, el ser humano ha querido mejorar su entorno, buscando soluciones eficientes ante los problemas que surgen en la vida cotidiana. De esta manera, mediante la creatividad y la innovación, la sociedad ha avanzado y en cuanto a iluminación aún más. Desde el fuego primitivo que hacían nuestros antepasados, a causa de la fricción entre dos piedras, hasta la tecnología led, que hoy por hoy es lo más novedoso en cuanto a iluminación se refiere. Entre los usos que se le puede dar a la tecnología led, se encuentra la iluminación en hogares, alumbrado público, grandes y pequeños establecimientos, bares, restaurantes hasta grandes superficies, como hoteles, clubs deportivos, estadios de fútbol, pabellones de baloncesto, hospitales, centro comerciales y de estudio, donde el ahorro energético y económico puede ser mayor, además de colaborar con el cuidado del medioambiente. La sociedad actual está muy sensibilizada con el medioambiente, es por eso que tanto gobiernos como ciudadanos buscan la manera de no deteriorarlo y cuidarlo, ya que el conjunto de esfuerzos son el motor que hace que la sociedad avance y no se estanque y declive.

El objetivo del presente trabajo de tesis, es por un lado, efectuar un breve análisis sobre el la tecnología led, con el fin de probar que con la iluminación led se produce un ahorro real, instalándose en cualquier lugar (hogares, hoteles, tiendas, supermercados, gimnasios, etc.) y por otro lado, la realización de un diseño de mejora de la iluminación con este tipo de tecnología en el laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo para disminuir el consumo energético.

Para la consecución de los objetivos que se plantean, en primer lugar, se verá qué importancia tiene ahora mismo el led en el mercado actual, para así dirigir las acciones hacia esa oportunidad, y así poder aprovecharla y explotarla. Además, se hará el cálculo

de consumo de energía actual de laboratorio de ingeniería electrónica para compararlo con el consumo de energía que requiere la tecnología LED, de esta manera se podrá demostrar que usar la tecnología LED supone un menor gasto de energía y de medios económicos. También se pretende que la sociedad deje de ver al led como un producto que conlleva realizar un desembolso alto para su adquisición porque a largo plazo va a suponer un ahorro mayor.

## **ABSTRACT**

Since ancient times, human beings have wanted to improve their environment, seeking efficient solutions to the problems that arise in everyday life. In this way, through creativity and innovation, society has advanced and in terms of lighting even more. From the primitive fire that our ancestors did, because of the friction between two stones, even the LED technology, which today is the most innovative in terms of lighting. Among the uses that can be given to LED technology, is the lighting in homes, street lighting, large and small establishments, bars, restaurants to large areas, such as hotels, sports clubs, football stadiums, basketball pavilions, hospitals , shopping and study centers, where energy and economic savings can be greater, in addition to helping to care for the environment. The current society is very sensitive to the environment, which is why both governments and citizens are looking for ways to not deteriorate and take care of it, since all efforts are the engine that makes society advance and not stagnate and decline.

The objective of this thesis work is, on the one hand, to carry out a brief analysis on the led technology, in order to prove that with LED lighting real savings are produced, installed anywhere (homes, hotels, shops, supermarkets, gyms, etc.) and, on the other hand, the realization of a lighting improvement design with this type of technology in the Electronic Engineering laboratory of the Pedro Ruiz Gallo National University to reduce energy consumption.

In order to achieve the objectives that are set, in the first place, it will be seen how important LED is now in the current market, in order to direct actions towards that opportunity, and thus be able to take advantage of it and exploit it. In addition, the

calculation of current energy consumption of electronic engineering laboratory will be made to compare it with the energy consumption required by LED technology, in this way it will be possible to demonstrate that using LED technology means a lower expenditure of energy and economic means. It is also intended that society no longer see the led as a product that entails a high outlay for its acquisition because in the long term it will mean greater savings.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPITULO I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1. Aspecto informativo .....	6
1.1.1. Título.....	6
1.1.2. Personal investigador .....	6
1.1.3. Área de la investigación .....	6
1.1.4. Lugar de ejecución.....	6
1.1.5. Duración .....	6
1.2. Aspecto de la investigación .....	6
1.2.1. Situación problemática.....	6
1.2.2. Antecedentes bibliográficos.....	7
1.2.3. Formulación del problema científico .....	9
1.2.4. Objetivos .....	9
1.2.4.1. Objetivo general .....	9
1.2.4.2. Objetivos específicos .....	10
1.2.5. Justificación e importancia de la investigación .....	10
1.2.6. Hipótesis .....	11
1.2.7. Diseño y contrastación de la hipótesis .....	11
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1. Historia y evolución de las lámparas.....	13
2.2. Principales tipos de lámparas.....	15
2.2.1. Lámpara incandescente normal .....	15
2.2.2. Lámpara incandescente halógena de tungsteno .....	16
2.2.3. Lámpara de mercurio de baja presión.....	16
2.2.4. Lámpara de mercurio de alta presión .....	17
2.2.5. Lámpara de sodio de baja presión .....	18
2.2.6. Lámpara de sodio de alta presión .....	18
2.2.7. Lámparas mezcladoras .....	19
2.2.8. Lámpara de halogenuros metálicos .....	19



2.2.9. Lámpara de inducción .....	20
2.2.10. Tubos fluorescentes .....	21
2.2.11. Bombilla fluorescente compacta .....	21
2.2.12. Bombilla LED .....	22
2.3. Teoría de iluminación .....	23
2.3.1. La luz .....	23
2.3.2. Flujo luminoso .....	25
2.3.3. Intensidad luminosa .....	25
2.3.4. Iluminación natural e iluminación artificial .....	26
2.3.5. Color aparente .....	27
2.3.6. Rendimiento de color .....	27
2.3.7. Rendimiento y Factor de reflexión según el color .....	28
2.3.8. Equilibrio de luminancias .....	29
2.3.9. Deslumbramiento .....	32
2.4. Tecnología LED .....	33
2.4.1. Tipos de LED .....	34
2.4.2. Ventajas y desventajas del uso del LED .....	35
2.4.2.1. Ventajas .....	35
2.4.2.2. Desventajas .....	37
2.4.3. Importancia del LED en el mercado actual .....	38
2.4.4. Inversión, ahorro y eficiencia energética .....	39
2.5. Factores importantes en la instalación de la tecnología LED .....	43
2.5.1. Ángulo de emisión .....	43
2.5.2. Color .....	43
2.5.3. Casquillo .....	44
2.6. Iluminación con tecnología LED .....	44
2.6.1. Iluminación LED en hoteles .....	44
2.6.2. Iluminación LED en hogares .....	45

2.6.3. Iluminación LED en establecimientos comerciales .....	46
2.6.4. Iluminación LED en el sector sanitario .....	47
2.6.5. Iluminación LED en la industria .....	48
2.6.6. Iluminación LED en oficinas.....	49
2.6.7. Iluminación LED en centros de estudio .....	50
<b>CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA.....</b>	<b>52</b>
3.1. Cálculo de la potencia actual.....	53
3.2. Elección de tubos y luminarias LED .....	58
3.2.1. Elección de tubos y luminarias LED para el primer piso.....	60
3.2.2. Elección de tubos y luminarias para el segundo piso.....	83
3.2.3. Elección de tubos y luminarias para el mesanime .....	116
3.3. Cálculo de potencia usando tecnología LED.....	128
<b>CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>130</b>
4.1. Conclusiones .....	131
4.2. Recomendaciones.....	131
<b>CAPITULO V: ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>	<b>132</b>
5.1. Costos por compra de tubos y luminarias LED .....	133
5.2. Costos de instalación .....	133
5.3. Costo total.....	133
5.4. Costo en Tarifica Eléctrica .....	134
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>137</b>

## INTRODUCCIÓN

La iluminación Led es uno de los avances tecnológicos que en los últimos tiempos ha permitido crear infinitos diseños para nuevas lámparas profesionales. Esto es debido a que el Led aprovecha de una manera mucho más eficiente la energía consumida con respecto a una bombilla tipo halógena o un tubo fluorescente. Es por ello que cualquier persona al día de hoy debe pensar siempre en instalar luces led en su hogar o institución debido a que tendrá un menor consumo energético.

Debido a la vida útil de una bombilla Led, el cambiar por este tipo de iluminación supone un ahorro considerable en el pago del servicio de iluminación.

La iluminación Led ofrece numerosas ventajas más allá del ahorro económico que también es importante. Al ser una fuente de calor menor, proporciona una luz uniforme y con posibilidad de regularse para adaptarse a diferentes usos y espacios, así como la opción de los tonos y tipos de color, hacen que sean una gran opción.

Debemos ser conscientes que la inversión inicial es alta. Por eso, una forma aconsejable de cambiar la iluminación del Laboratorio de Ingeniería Electrónica por iluminación Led es ir haciéndolo gradualmente, empezando por los espacios que más tiempo se ocupan y según se vayan fundiendo o necesiten cambiarse el resto de luces.

---

# **ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

---

## **CAPITULO I**

## **1.1 Aspecto informativo**

### **1.1.1 Título**

Diseño y simulación de un sistema de iluminación inteligente para disminuir el consumo de energía en el laboratorio de ingeniería electrónica – UNPRG

### **1.1.2 Personal Investigador**

#### **1.1.2.1 Autor**

Nombre: Nepo Díaz Salvador Steve  
Dirección: Calle Paraguay 1201 PP.JJ. JUJAN  
E – mail: snepo20000@hotmail.com  
Teléfono: 961865077

#### **1.1.2.2 Autor**

Nombre: Zatta Dávila Cristian Arturo  
Dirección: Block 11 N°1148 – Tumán Centro  
E – mail: zatita196@hotmail.com  
Teléfono: 977727426

#### **1.1.2.3 Asesor**

Nombre: Ing. Ramírez Castro Manuel Javier  
Dirección: Urb. La Florida MZ F2 Lote 24  
E – mail: manjarc@hotmail.com  
Teléfono: 979205885

### **1.1.3 Área de Investigación**

Ingeniería Electrónica – Control y Automatización

### **1.1.4 Lugar de ejecución**

Laboratorio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo - Lambayeque

### **1.1.5 Duración**

04 meses

## **1.2 Aspectos de la investigación**

### **1.2.1 Situación Problemática**

La iluminación hasta hace no mucho implicaba suministrar luz en cantidades apropiadas a fin de posibilitar la realización de las tareas con alto rendimiento visual. El aspecto cualitativo se limitaba, eventualmente, a eliminar o reducir posibles efectos de deslumbramiento.

Sin embargo, se ha descubierto de que la luz no solo afecta las capacidades visuales de las personas, sino también su salud y bienestar. Teniendo en cuenta este nuevo enfoque, se puede decir que un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables, e incluso posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables empleando apropiadamente los recursos tecnológicos, hace uso racional de la energía para contribuir a minimizar el impacto ecológico y ambiental; todo esto por supuesto, dentro de un marco de costos razonable.

Dicho todo esto, en el laboratorio de Ingeniería Electrónica podemos observar que el sistema de iluminación no está automatizado lo que genera un consumo de energía adicional cuando los alumnos salen de clase y dejan las luces encendidas hasta que llegue el encargado de laboratorio. Además, los fluorescentes actuales consumen demasiada energía en comparación a la tecnología actual basada en leds y por último no se tiene un estudio exacto de la cantidad de energía lumínica proporcionada en cada ambiente que no se sabe si perjudica el desempeño de los alumnos en sus tareas cotidianas.

### **1.2.2 Antecedentes Bibliográficos**

- **Diseño de iluminación con luminarias led basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas (2015)**

**Autores:** Castro Huamán Miguel Paul y Posligua Murillo Norman Christos

**Universidad:** Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil

**Resumen:** En esta tesis se da a conocer el concepto de iluminación con luminarias tipo led en aplicaciones reales en diferentes ambientes. Las variables a considerar en el diseño fueron la naturaleza del trabajo, la reflectancia del objeto y de su entorno.

El objetivo principal es realizar un diseño de iluminación para el confort visual considerando los parámetros de la iluminación uniforme, luminancia óptica, ausencia de brillos deslumbrantes, condiciones de

contraste adecuadas, colores correctos, ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscópicos.

También se diagnostica la situación eléctrica de los laboratorios de la universidad en lo relacionado a la luminotecnia. Además, para apreciar los posibles resultados luminotécnicos deseados, se utilizó el software Dialux.

- **Diseño del sistema de iluminación para las zonas de almacén y conservación de un museo de arqueología (2012)**

**Autor:** Zegarra Cuellar, Víctor Ricardo

**Universidad:** Pontificia Universidad Católica del Perú

**Resumen:** El objetivo principal de esta tesis es el diseño de un sistema de iluminación que brinde un mayor nivel de cuidado a los restos materiales que presenta un museo de arqueología. Se toma como base el Museo de Arqueología Josefina Ramos de Cox. Además, se detallan las distintas tecnologías de iluminación.

También se brindan ejemplos de sistemas de iluminación en base a LEDs de potencia. Luego, se indican los principales fabricantes de LEDs. Además, se detallan los diseños de los subsistemas de excitación, control y alimentación, así como la selección del LED a utilizar.

Finalmente, se muestran los resultados de las simulaciones e implementación de los subsistemas diseñados y se indica el costo total de la implementación del proyecto.

- **Diseño del sistema de iluminación inteligente aplicado al primer piso del pabellón V de la PUCP (2010)**

**Autor:** Montalvo Gonzales, Víctor Rainiero

**Universidad:** Pontificia Universidad Católica del Perú

**Resumen:** En esta tesis se diseña un sistema de iluminación inteligente para el primer piso del pabellón V de la PUCP, el cual

alberga a la sección de Ing. Electrónica y algunos ambientes que pertenecen a la sección de Ing. de Telecomunicaciones, donde se continúa utilizando equipos convencionales de iluminación. Además, se utilizan interruptores manuales sin tener un control sobre el consumo ni las horas que se encuentran encendidas, ocasionando muchas veces consumo innecesario de energía eléctrica.

Para optimizar los sistemas de iluminación, se utilizaron los detectores de presencia, los cuales encienden las lámparas cuando se detectan personas en el ambiente; reguladores de luz artificial, los cuales verifican la cantidad de luz con la que cuenta el ambiente y finalmente sistemas centralizados en donde se puede programar el encendido o apagado de las lámparas de acuerdo a los requerimientos del usuario.

El sistema de iluminación inteligente basado en el uso de los elementos antes mencionados permitirán la obtención de un sistema más eficiente que brinde iluminación de acuerdo a las condiciones del ambiente; además de reducir el gasto por consumo de energía eléctrica.

En la parte de simulaciones, se presenta el funcionamiento del sistema utilizando un circuito maestro y un circuito esclavo con los sensores y actuadores para probar el correcto funcionamiento del sistema. Para conocer si el sistema es viable económicamente, se muestra un presupuesto aproximado para la implementación de este sistema.

### **1.2.3 Formulación del Problema Científico**

¿Cómo el diseño de un sistema de iluminación inteligente puede disminuir el consumo de energía en el laboratorio de Ingeniería Electrónica – UNPRG?

### **1.2.4 Objetivos**

#### **1.2.4.1 Objetivo general**



Diseño y simulación de un sistema de iluminación inteligente para disminuir el consumo de energía en el laboratorio de Ingeniería Electrónica – UNPRG.

#### **1.2.4.2 Objetivos específicos**

- Analizar el sistema de iluminación actual y determinar su consumo energético.
- Determinar la tecnología led adecuada para el tipo de sala de estudio.
- Realizar los cálculos adecuados de luminosidad acorde a la sala.
- Realizar la distribución de luminarias en los ambientes.
- Simular el sistema con un software de simulación de iluminación de interiores DIALUX.

#### **1.2.5 Justificación e importancia de la investigación**

Nuestro proyecto se justifica teniendo en cuenta el avance de la tecnología led y su relación con el bajo consumo de energía eléctrica que éste proporciona, algo que definitivamente se necesita en la Escuela y por ende en nuestra Universidad y que es lo que llegaremos a demostrar.

Además tenemos múltiples beneficios al emplear un sistema de control en un sistema de iluminación:

- Ajuste de niveles de iluminación
- Comunicación y conectividad
- Ahorro y eficiencia en el sector energético
- Reducción de contaminación lumínica
- Disminución en la eliminación de desechos al reducir la reposición de balastros
- Vida más larga de lámparas
- Confort
- Flexibilidad
- Calidad de iluminación
- Seguridad.

Teniendo en cuenta estos múltiples beneficios, nuestro proyecto es importante porque de ser extendido a toda la Universidad porque serían aprovechados por la comunidad universitaria mejorando significativamente nuestra calidad de vida.

#### **1.2.6 Hipótesis**

Con el diseño de un sistema de iluminación inteligente se disminuirá el consumo energético en el laboratorio de Ingeniería Electrónica - UNPRG.

#### **1.2.7 Diseño contrastación de la hipótesis.**

Teniendo en cuenta la demanda de energía actual del laboratorio y la metodología de implementación de un sistema de iluminación inteligente, realizaremos los cálculos necesario para determinar el tipo, número y distribución de luminarias con tecnología led para proporcionar la adecuada cantidad de lúmenes que necesita un laboratorio y realizar la comparación para demostrar el ahorro de energía si fuera implementado el proyecto.

---

# MARCO TEÓRICO

---

## CAPITULO II

## 2.1. Historia y evolución de las lámparas

Antes de la invención de la luz eléctrica, las lámparas eran recipientes de líquido oleoso que se hacían arder por medio de una mecha. El descubrimiento de la mecha, fibra de material combustible sumergida en grasa, se pierde en la oscuridad de los tiempos (se usaba ya en el neolítico superior). Con este descubrimiento nace la lámpara primitiva, que se reducía a una escudilla de piedra con una ranura para la mecha, hecha de musgo y una empuñadura para la mano lejos de la llama. De este tipo de lámparas se han hallado varios ejemplares del Neolítico. Estas lámparas de piedra siguen usándose por algunos pueblos primitivos como los esquimales de Alaska, usando como combustible aceite de ballena.



**Figura 1:** Lámpara de aceite.

Los pueblos mediterráneos empleaban conchas marinas en el cuarto milenio a. de J.C. En los tiempos homéricos se colocaban sobre altos postes, braseros que se alimentaban con leña y astillas. Este tipo de brasero colgante se emplea en la India para ceremonias religiosas.

Las lámparas griegas y romanas tienen su origen en Egipto, siendo hondas y redondas, con un mango y decoradas con rayas, palmetas y dibujos similares. Se llenaba de aceite o de grasa y sobre su superficie flotaba la mecha. La lámpara romana tenía dos aperturas. La del centro era para cargarla y en el lateral, otra

donde salía la mecha. Sus decoraciones eran más elaboradas, con imágenes mitológicas, con forma de animales o busto humano, recibiendo unas y otras el nombre de *lychnos* entre los griegos y *lucerna* entre los romanos.

Aunque en Oriente se daba preferencia a la vela, desarrolló una lámpara de aceite en forma de plato con pie labrado.

Se conocen de todas las civilizaciones de la antigüedad y de variadísimas formas destacando por su número y perfección artística en su figura y relieves las griegas y las romanas. Las de barro cocido tienen la forma redonda u oval, con elegante asa y uno o más picos si están cerradas o con los bordes algo doblados u ondulados si son abiertas (siendo éstas generalmente fenicias), pero la de bronce presenta formas ondeadas o prolongadas con variedad de apéndices ornamentales y a veces con incrustaciones de plata u oro estando a menudo dispuestas para la suspensión (*lucerna pensil*) con cadenillas. Las árabes, pequeñas, de bronce o de barro cocido, se distinguen por su elevación y su pico muy prolongado y ofrecen escaso gusto mientras que las de forma de gran vaso de bronce llevan múltiples adornos arabescos y rematan en cubiertas caladas que se suspenden de lo alto.

De la época bizantina nos llega la más común, la de mecha flotante. La Iglesia primitiva y sus órdenes monásticas las usaban para estar encendidas permanentemente ante el sagrario, extendiéndose por toda Europa. Consistía en un recipiente de vidrio que se llenaba por debajo de agua, luego aceite sobre el agua y después una mecha de fibra que nadaba sobre el aceite. Desde el s. X al s. XIV estuvo reducido su empleo a las iglesias y establecimientos religiosos. El método más usado para la iluminación común era la vela. De las lámparas medievales, parecen ser una derivación las grandes lámparas del Renacimiento que aun hoy figuran en las iglesias: su enorme copa inferior no es más que el desarrollo del platillo que en la Edad Media se ponía debajo del vaso que contiene el aceite.

Las coronas luminosas empezaron a usarse en las catacumbas desde el Siglo IV y consistían al principio en aros suspendidos horizontalmente o montados en un pie esbelto, sobre los que se colocaban lucernas o velas. Se fueron complicando después y en el Siglo XI tuvieron su más grandiosa expresión en las célebres coronas de las iglesias de Hildesheim y de Reims (la de ésta última, desaparecida) entre otras muchas.

Derivaciones de ellas son las arañas que en la Edad Media consistían en brazos cruzados horizontalmente o radiantes y suspendidos y en la época gótica se componían de ramas de bronce o de hierro cargadas de adornos sobre todo en los siglos XV y XVI. Con el Siglo XVIII empiezan las arañas fastuosas adornadas con numerosos colgantes de vidrio que en las más ricas llegan a ser de cristal de roca.

La lámpara de keroseno fue construida por un científico polaco, Ignacy Lukasiewicz, en el año 1853.



**Figura 2:** Corona Luminosa.

## **2.2. Principales tipos de lámparas**

### **2.2.1. Lámpara incandescente normal**

La lámpara incandescente produce luz por medio del calentamiento eléctrico de un alambre (el filamento) a una temperatura alta que la radiación se emite en el campo visible del espectro. Son las más antiguas fuentes de luz conocidas con las que se obtiene la mejor reproducción de los colores, con una luz muy cercana a la luz natural del sol. Su desventaja es la corta vida de funcionamiento, baja eficacia luminosa (ya que el 90% de la energía se pierde en forma de calor) y depreciación luminosa con respecto al tiempo. La ventaja es que tienen un coste de adquisición bajo y su instalación resulta simple, al no necesitar de equipos auxiliares.



**Figura 3:** Lámpara incandescente normal.

### **2.2.2. Lámpara incandescente halógena de tungsteno**

Las lámparas incandescentes halógenas de tungsteno, tienen un funcionamiento similar al de las lámparas incandescentes normales, con la salvedad de que el halógeno incorporado en la ampolla ayuda a conservar el filamento. Aumenta así la vida útil de la lámpara, mejora su eficiencia luminosa, reduce tamaño, mayor temperatura de color y poca o ninguna depreciación luminosa en el tiempo, manteniendo una reproducción del color excelente.



**Figura 4:** Lámpara incandescente halógena de tungsteno.

### **2.2.3. Lámpara de mercurio de baja presión**

Recordemos que estas lámparas son de descarga de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce predominantemente mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta de la descarga. Tienen mayor eficacia luminosa que las lámparas incandescentes normales y muy bajo consumo energético. Son lámparas más costosas de adquisición y de instalación, pero se compensa por su larga vida de funcionamiento. La reproducción del color es su punto débil, aunque en los últimos años se

están consiguiendo niveles aceptables. Caracterizadas también por una tonalidad fría en el color de la luz emitida.



**Figura 5:** Lámpara de mercurio de baja presión.

#### **2.2.4. Lámpara de mercurio de alta presión**

En estas lámparas la descarga se produce en un tubo de descarga que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte para asistir al encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro como luz, pero una parte también se emite en la región ultravioleta. Cubriendo la superficie interior de la ampolla exterior, con un polvo fluorescente que convierte esta radiación ultravioleta en radiación visible, la lámpara ofrecerá mayor iluminación que una versión similar sin dicha capa. Aumentará así la eficacia lumínica y mejorará la calidad de color de la fuente, como la reproducción del color.



**Figura 6:** Lámpara de mercurio de alta presión.



#### **2.2.5. Lámpara de sodio de baja presión**

Existe una gran similitud entre el trabajo de una lámpara de sodio de baja presión y una lámpara de mercurio de baja presión. Sin embargo, mientras que, en la última, la luz se produce al convertir la radiación ultravioleta de la descarga del mercurio en radiación visible, utilizando un polvo fluorescente en la superficie interna; la radiación visible de la lámpara de sodio de baja presión se produce por la descarga de sodio. La lámpara producirá una luz de color amarillo, ya que en casi la totalidad de su espectro predominan las frecuencias cerca del amarillo. La reproducción de color será la menos valorada de todos los tipos de luminaria, Pero sin embargo es la lámpara de mayor eficiencia luminosa y larga vida.



**Figura 7:** Lámpara de sodio de baja presión.

#### **2.2.6. Lámpara de sodio de alta presión**

La diferencia de presiones del sodio en el tubo de descarga es la principal y más sustancial variación con respecto a las lámparas anteriores. El exceso de sodio en el tubo de descarga, para dar condiciones de vapor saturado además de un exceso de mercurio y Xenón, hacen que tanto la temperatura de color como la reproducción del mismo mejoren notablemente con las anteriores, aunque se mantienen ventajas de las lámparas de sodio baja presión como son la eficacia energética elevada y su larga vida.



**Figura 8:** Lámpara de sodio de alta presión.

#### **2.2.7. Lámparas mezcladoras**

La lámpara mezcladora deriva de la lámpara convencional de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre estas dos es que, la última depende de un balasto externo para estabilizar la corriente de la lámpara, y la lámpara mezcladora posee un balasto incorporado en forma de filamento de tungsteno conectado en serie con el tubo de descarga. La luz de descarga del mercurio y aquella del filamento caldeado se combinan, o se mezclan, para lograr una lámpara con características operativas totalmente diferentes a aquellas que poseen tanto una lámpara de mercurio puro como una incandescente. La principal ventaja es que concentra las ventajas de ambos tipos.



**Figura 9:** Lámparas mezcladoras.

#### **2.2.8. Lámpara de halogenuros metálicos**

Las lámparas de mercurio halogenado son de construcción similar a las de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre estos dos tipos, es que el tubo de descarga de la primera, contiene una cantidad de haluros

metálicos además del mercurio. Estos haluros son en parte vaporizados cuando la lámpara alcanza su temperatura normal operativa, El vapor de haluros se disocia luego dentro de la zona central caliente del arco en halógeno y en metal, con el metal vaporizado irradia su espectro apropiado. Hasta hace poco estas lámparas han tenido una mala reputación, al tener un color inestable, precios elevados y poca vida. Hoy han mejorado aumentando su eficacia lumínica y mejorando el índice de reproducción del color, punto débil en el resto de lámparas de descarga.



**Figura 10:** Lámpara de halogenuros metálicos.

#### **2.2.9. Lámpara de inducción**

La lámpara de inducción, introduce un concepto nuevo en la generación de la luz. Basada en el principio de descarga de gas a baja presión, la principal característica del sistema de la lámpara nuevo, es que prescinde de la necesidad de los electrodos para originar la ionización. En cambio, utiliza una antena interna, cuya potencia proviene de un generador externo de alta frecuencia para crear un campo electromagnético dentro del recipiente de descarga, y esto es lo que induce la corriente eléctrica en el gas a originar su ionización. La ventaja principal que ofrece este avance es el enorme aumento en la vida útil de la lámpara.



**Figura 11:** Lámpara de inducción.

#### **2.2.10. Tubos fluorescentes**

El tubo fluorescente o lámpara fluorescente necesita de varias componentes para trabajar. Un tubo, generalmente cilíndrico, lleno de un gas (mezcla de fósforo, mercurio, argón, neón) que tiene dos filamentos (uno en cada extremo); una bobina y un cebador. Cuando es aplicada la corriente, el cebador empieza a cargar de energía a la bobina lo que permite que se produzca un alto voltaje que es lo que permite interactuar a los filamentos dentro del tubo mediante el gas. Este modo de funcionar tiene la desventaja de que el tubo tarda unos segundos para entregar luz. Se debe agregar que este tipo de bombillo no utiliza un zócalo común para trabajar, sino un balasto electrónico.



**Figura 12:** Tubos fluorescentes.

#### **2.2.11. Bombilla fluorescente compacta**

El bombillo (lámpara) de bajo consumo o fluorescente compacta (CFL) es una variante del tubo, sin embargo, no necesita de cebador, ni bobina; usa zócalo común (que usa el tubo fluorescente). La lámpara tiene gas (mercurio) en el interior, mediante la corriente este gas es excitado y entra

en contacto con un polvo fluorescente que produce la luz. Esta bombilla produce un mejor rendimiento que las tradicionales incandescentes y también tiene una mayor vida útil.

Las bombillas fluorescentes compactas datan de los comienzos de los '90, cuando fueron fabricados con una forma circular o en forma de U. Ya a mediados de los '90, los fabricantes comenzaron a hacer bombillas de forma espiral, las cuales fueron inventadas por General Electric en 1970. En el 2001, se empezaron a vender estas bombillas en masa, sin embargo, su costo inicial era aproximadamente 20 veces más que el costo de las convencionales bombillas incandescentes.

Tiempo después el precio bajo debido principalmente a un subsidio por parte del gobierno norteamericano.



**Figura 13:** Bombilla fluorescente compacta.

#### **2.2.12. Bombilla LED**

La bombilla LED aprovecha los diodos LED para iluminar. Un LED (Light Emitting Diode) es un diodo que emite luz cuando se le aplica una corriente de forma directa en la unión PN.

Una bombilla LED consta de una unión de varios diodos. Tiene un rendimiento excelente y una vida útil larga.



**Figura 14:** Bombillas LED.

### **2.3. Teoría de iluminación**

La iluminación hasta hace no mucho implicaba suministrar luz en cantidades apropiadas a fin de posibilitar la realización de las tareas con alto rendimiento visual. El aspecto cualitativo se limitaba, eventualmente, a eliminar o reducir posibles efectos de deslumbramiento.

Sin embargo, se ha descubierto que la luz no solo afecta las capacidades visuales de las personas sino también su salud y bienestar. Teniendo en cuenta este nuevo enfoque, se puede decir que un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables, e incluso posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables empleando apropiadamente los recursos tecnológicos, hace uso racional de la energía para contribuir a minimizar el impacto ecológico y ambiental; todo esto por supuesto, dentro de un marco de costos razonable.

#### **2.3.1. La luz**

Es la sensación producida en el ojo humano por las ondas electromagnéticas. Se trata de campos electromagnéticos alternativos que transportan energía a través del espacio y se propagan bajo la forma de oscilaciones o vibraciones que se caracterizan por la longitud de onda y por la frecuencia. La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es de unos 300 000 kilómetros por segundo. La longitud de onda de las ondas electromagnéticas visibles suele medirse en nanómetros (nm). El campo o espectro de las ondas electromagnéticas visibles por el hombre se extiende desde 380 a 780 nm. Las ondas más largas corresponden al

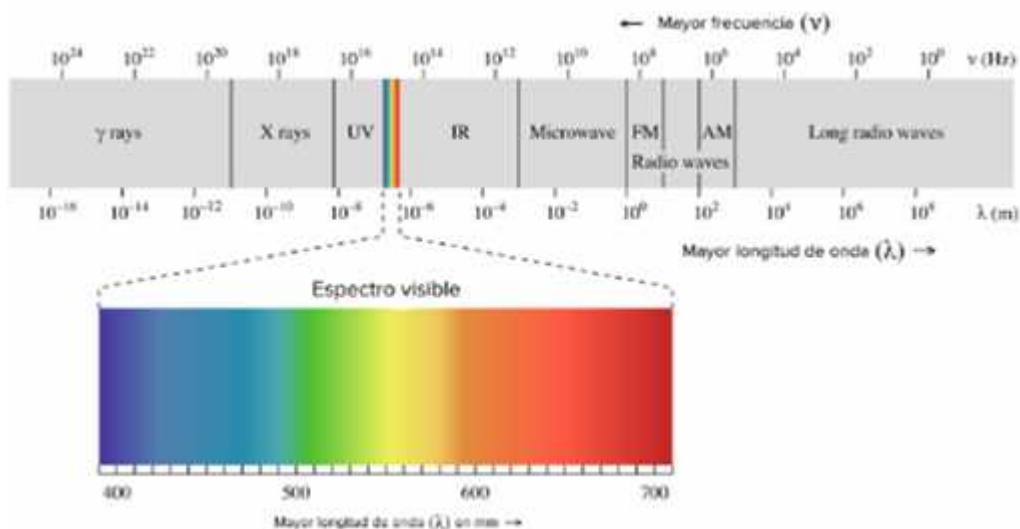
extremo visible rojo las ondas más cortas corresponden al extremo visible violeta. Ondas electromagnéticas visibles de distinta longitud de onda dan una percepción distinta de los objetos y de su color. En realidad, el color es una sensación óptica que depende del conjunto de las longitudes de onda que un cuerpo no absorbe, o sea, que refleja. Se dice de una luz que es monocromática si está constituida por ondas electromagnéticas de igual longitud de onda, que revelan un solo color. La luz solar o la de una lámpara de incandescencia, en cambio es de espectro continuo (luz blanca) porque comprende toda la gama de las longitudes de onda visibles. Un rayo de luz blanca, al atravesar un prisma de cristal, se descompone en los colores fundamentales.

La frecuencia y la longitud de onda se relacionan según la siguiente expresión matemática:

$$\text{Longitud de Onda} = C \times T = C/f$$

Dónde:

- C = velocidad de la luz en el vacío
- T = periodo.
- f = frecuencia



**Figura 15:** Espectro Electromagnético.

### 2.3.2. Flujo luminoso

Es la cantidad de luz emitida en la unidad de tiempo. Su unidad de medida del flujo luminoso es el Lúmen (abreviatura lm). Expresa la cantidad incidente en una superficie. Si se considera que la fuente de iluminación es una lámpara, una parte del flujo la absorbe el mismo aparato de iluminación, también se debe hacer notar que el flujo luminoso no se distribuye en forma uniforme en todas direcciones y que disminuye si sobre la lámpara se depositan polvo y otras sustancias.

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

Dónde:

- $E_m$  = nivel de iluminación (en LUX).
- $\Phi_T$  = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES - lm).
- $S$  = superficie a iluminar (en  $m^2$ ).
- Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización ( $C_u$ ) y de mantenimiento ( $C_m$ ), que se definen a continuación:
- $C_u$  = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.
- $C_m$  = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria.

### 2.3.3. Intensidad luminosa

La finalidad de este método es calcular el valor medio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general.

$$N = \frac{\Phi_T}{\pi * \Phi_L}$$

Dónde:

- $N$  = número de luminarias.
- $\Phi_T$  = flujo luminoso total necesario en la zona o local.
- $\Phi_L$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo).



- $n$  = número de lámparas que tiene la luminaria.

#### **2.3.4. Iluminación natural e iluminación artificial**

A la hora de diseñar un área de trabajo se debe considerar ambos tipos de iluminación.

Se debe tener en cuenta que la luz natural causa menor fatiga visual que la iluminación artificial. Por eso, en la actualidad se han desarrollado técnicas que maximizan el aprovechamiento de la luz natural. Muchos proyectos de centros de trabajo tienen en consideración tragaluces, ventanales, etc.

Las principales ventajas de la luz natural son los siguientes:

- Produce menor cansancio a la vista.
- Permite apreciar los colores tal y como son.
- Es la más económica.
- Psicológicamente un contacto con el exterior a través de una ventana, por ejemplo, produce un aumento del bienestar.

No obstante, su principal inconveniente es la variabilidad que se produce a través del tiempo.

La iluminación artificial se debe usar cuando no se puede emplear la luz natural o, como ocurre en la mayoría de los casos, para complementar la luz natural.

A la hora de evaluar o adecuar una iluminación artificial en un puesto de trabajo se deben considerar aspectos relacionados con el trabajador, con el tipo de tarea que vaya a desempeñar y los propiamente relacionados con la iluminación. Por un lado, la iluminación se produce gracias a unas lámparas, que son las que van a emitir la luz; esas lámparas se encontrarán colocadas en unas luminarias concretas que modificarán las características de la luz y formarán parte de todo un sistema de iluminación que también modificará las características de la luz conseguida en el local. Todos estos aspectos se deberán considerar, pues un fallo en uno solo hará que la iluminación no sea la adecuada.

### 2.3.5. Color aparente

Es la apariencia cromática de la luz emitida por una lámpara, la cual viene determinada por su temperatura de color correlacionada.

Se clasifica en función de grupo:

**Tabla 1:** Clasificación del color aparente.

Clase	Color Aparente	Tonalidad	Temperatura	Utilización
1	Cálido	Blanco rojizo	$T_c < 3.300$	Locales residenciales
2	Medio	Blanco	$3.300 \leq T_c \leq 5.300$	Lugares de trabajo
3	Frío	Blanco azulado	$T_c > 5.300$	Niveles de iluminación elevados Ambiente caluroso

A pesar de esto, la apariencia en color no basta para determinar qué sensaciones producirá una instalación a los usuarios. Por ello el valor de la iluminancia determinará conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas el aspecto final.

**Tabla 2:** Iluminancia y apariencia del color de la luz.

Iluminancia (lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálido	Medio	Frío
$E \leq 500$	agradable	neutro	frío
$500 < E < 1.000$	↓	↓	↓
$1.000 < E < 2.000$	estimulante	agradable	neutro
$2.000 < E < 3.000$	↓	↓	↓
$E \geq 3.000$	no natural	estimulante	agradable

### 2.3.6. Rendimiento de color

Es la capacidad de la luz que emite la lámpara para reproducir fielmente los colores de los objetos iluminados. Se emplea el índice de rendimiento de color (IRC o Ra) para poder objetivar esta propiedad. La luz del día tiene una  $R_a = 100$ , lo que significa que los colores se reproducen fielmente.

Cuanto más próximo a 100 emita la lámpara, más reales serán los colores del objeto iluminado.

Por tanto, se podrán clasificar en función de su índice de rendimiento cromático:

**Tabla 3:** Índice de rendimiento (IRC).

Grupo	Índice de rendimiento (IRC)	Color Aparente	Aplicaciones
1	IRC ≥ 85	Frío	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Medio	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálido	Hogares, hoteles, restaurantes
2	70 ≤ IRC < 85	Frío	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos)
		Medio	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálido	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales críticos (en climas fríos)
3	IRC < 70 Lámparas con propiedades de rendimiento altas aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

### 2.3.7. Rendimiento y Factor de reflexión según el color

Los tonos fríos producen una sensación de tristeza y reducción del espacio, aunque también pueden causar una impresión de frescor que los hace muy adecuados para la decoración en climas cálidos. Los tonos cálidos son todo lo contrario, se asocian a sensaciones de exaltación, alegría y amplitud del espacio y dan un aspecto acogedor al ambiente que los convierte en los preferidos para los climas cálidos.

A menudo la presencia de elementos fríos en un ambiente cálido o viceversa ayudarán a hacer más agradable y/o neutro el resultado final.

**Tabla 4:** Rendimiento y factor de reflexión según el color.

Ubicación	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

### 2.3.8. Equilibrio de luminancias

De acuerdo con la definición dada por la Comisión Internacional de la Iluminación (CEI), las luminarias son “aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación”. Habitualmente, se incluye dentro de la luminaria el balastro necesario para su funcionamiento.

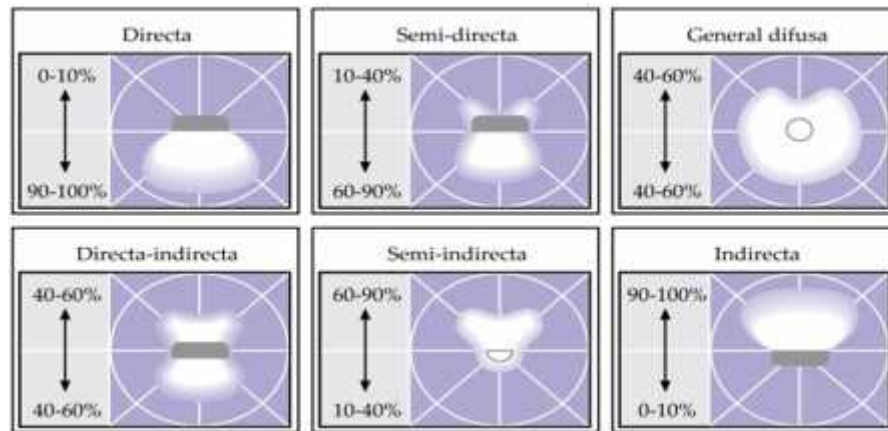
Lo primero que hay que plantearse a la hora de seleccionar luminarias son las características del ambiente del lugar de trabajo donde se vayan a instalar.

Mediante los elementos que integran la luminaria es posible distribuir adecuadamente el flujo de luz de las lámparas y determinar la proporción de luz directa o indirecta requerida. De forma análoga, las luminarias permiten ocultar el cuerpo brillante de las lámparas evitando así el deslumbramiento; también pueden ir equipadas con elementos difusores que dispersan la luz y reducen los reflejos de velo originados en las superficies pulidas de la tarea o del entorno.

Finalmente, a través de los reflectores, las luminarias pueden concentrar en un haz más o menos estrecho el flujo luminoso procedente de las lámparas. Por tanto, mediante la elección adecuada de las luminarias se

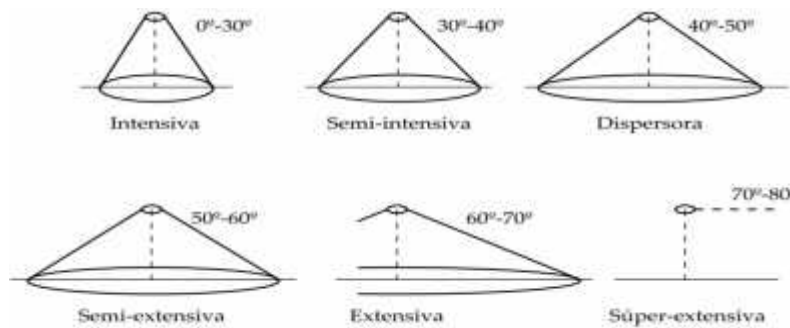
pueden controlar, en cierta manera, la distribución del flujo luminoso, el grado de deslumbramiento producido por la luminaria, el grado de direccionalidad y difusión de la luz.

Las luminarias pueden ser clasificadas de varias formas. Si consideramos la relación entre el flujo luminoso directo e indirecto; las luminarias pueden emitir la luz de forma: directa, semi – directa, uniforme, directa – indirecta, semi – indirecta e indirecta.



**Figura 16:** Clasificación de las luminarias de acuerdo al flujo luminoso.

Atendiendo a la amplitud del haz luminoso emitido, pueden clasificarse en intensivas, semi – intensivas, dispersoras, semi – extensivas, extensivas e hiper – extensivas.



**Figura 17:** Clasificación de las luminarias de acuerdo a la amplitud del haz luminoso.

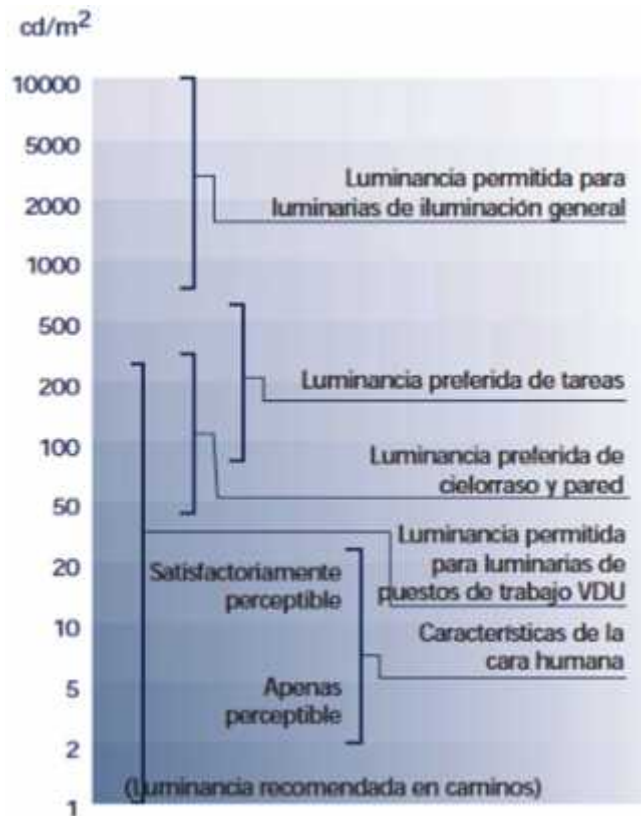
Las percepciones del contraste, el color y en general el rendimiento visual, aumentan “la luminancia de adaptación”, que se encuentra determinada por la luminancia existente en el campo visual. Para que el rendimiento visual

sea efectivo en la ejecución de una tarea es necesario que la iluminancia de adaptación no sea muy diferente a la iluminancia de la tarea, que hace referencia a la luminancia de fondo sobre el que contrastan los objetos o detalles que se visualizan.

Se aplican los siguientes criterios para asegurar el equilibrio de luminancias en el campo visual:

- La luminancia del entorno inmediato a la tarea debe ser inferior a la luminancia de la tarea, pero no inferior a 1/3 de la misma.
- La luminancia del entorno alejado debe estar comprendida entre 1/10 y 10 veces la luminancia de la tarea.

Para garantizar el equilibrio de luminancias en el puesto de trabajo es importante controlar los valores de luminancia del techo y de las paredes. Para el diseño del alumbrado de interiores se emplea las siguientes escalas de luminancias:



**Figura 18:** Iluminancia en el alumbrado de diseño de interiores.

La luminancia recomendada para techos depende principalmente de la luminancia de iluminarias. Se debe tener en cuenta que la luminancia luminarias (se mide en cd) debe ser igual a la luminancia del techo.

Si se refiere a las luminancias para las paredes, su valor óptimo se puede considerar casi independiente de la luminancia de los objetos existentes en el local. El valor óptimo se sitúa en unas  $100 \text{ cd/m}^2$  cuando el nivel de iluminación está comprendido entre 500 y 2000 lux.

La luminancia de las paredes depende de dos cosas, de la reflectancia de recubrimiento y del nivel de iluminación. Los valores adecuados se pueden obtener con reflectancias comprendidas entre 0,5 y 0,8 para instalaciones de 500 lux y con reflectancias comprendidas entre 0,4 y 0,6 para instalaciones de 1000 lux.

#### **2.3.9. Deslumbramiento**

Es el causante de la perturbación de la percepción y afectar el rendimiento visual. Pueden producirse deslumbramientos de dos maneras: Directo e indirecto o por reflejos.

##### **Deslumbramiento directo**

Ocurre cuando la luminancia de los objetos del entorno (principalmente luminarias y ventanas) es excesiva en relación con la luminancia general existente en el entorno.



**Figura 19:** Deslumbramiento directo.

##### **Deslumbramiento indirecto o por reflejos**

Ocurre cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies pulidas.



**Figura 20:** Deslumbramiento indirecto.

Ahora bien, en cualquiera de los dos casos, el deslumbramiento puede revestir dos formas distintas, aunque habitualmente se presentan juntas:

- Deslumbramiento perturbador: El efecto es reducir la percepción del contraste y, por tanto, el rendimiento visual; sin que ello provoque necesariamente discomfort.
- Deslumbramiento molesto: Su efecto es producir una situación de discomfort visual; sin que ello reduzca necesariamente la percepción de contrastes.

## **2.4. Tecnología LED**

El empleo más común que se le da a la energía es la iluminación, ya que, ocupa el 19% del consumo de la electricidad mundial. Actualmente, la baja eficiencia en las anteriores tecnologías y el malgasto de la iluminación hacen evidente la necesidad de introducir mejoras en este sector. Los diodos emisores de luz, o led, pueden ser la tecnología más adecuada para iluminar el mundo, ya que las bombillas de bajo consumo más empleadas hasta ahora. La iluminación incandescente consume el 30% de la energía eléctrica usada para iluminación mientras que sólo produce el siete por ciento de luz efectiva. Actualmente, la alternativa de iluminación de interior son las lámparas fluorescentes. Este tipo de iluminación representa el 64% de la iluminación generada eléctricamente y el 45% del uso de energía eléctrica para iluminación. La eficiencia de la iluminación fluorescente varía según el tipo de lámpara, aunque generalmente es de 5 y 8 veces mayor a las incandescentes. La iluminación LED se diferencia de las demás bombillas por consumir entre un 80 y 90% menos de electricidad que una bombilla incandescente tradicional y un 65% menos de electricidad que una bombilla de bajo consumo de tecnología fluorescente. En los últimos años estas bombillas han mejorado sus cualidades, disminuido sus costes y aumentando su versatilidad, así, convirtiéndose en



accesibles para todo tipo de usuarios, gracias a su variedad de precios, que puede oscilar desde 5 a 100 euros. El uso de la tecnología LED está extendido en muchas de las aplicaciones cotidianas, debido a su bajo consumo, fiabilidad y duración. Esta tecnología ha supuesto el mayor avance en el campo de la iluminación desde que se inventó la luz, con una durabilidad menor o igual a 20 años. En definitiva, la tecnología LED es una opción sostenible, práctica y funcional para lograr un ahorro en sus diferentes aplicaciones.

#### **2.4.1. Tipos de LED**

##### **Diodo LED**

Se utilizan en la mayoría de los electrodomésticos. Actualmente se están utilizando para señalización vial, como semáforos, consiguiendo un ahorro energético para las entidades públicas.



**Figura 21:** Diodo LED.

##### **LED SMD**

Esto le ofrece ciertas características muy interesantes para todo el mundo de la iluminación:

- Permiten una amplia variedad de colores, según el material semiconductor que se utilice en su fabricación. En su modelo RGB, utiliza tres LEDs con los colores primarios, con lo que puede desarrollar hasta 16 millones de colores mediante la mezcla aditiva. El usuario puede seleccionar el color deseado mediante un mando a distancia o controlador, subir o bajar la intensidad de la luz y hacer increíbles efectos luminosos.
- El índice de reproducción cromática (CRI) es alto, de hasta el 80%. Esto quiere decir que reproduce los colores fielmente.



**Figura 22:** Diodo LED SMD.

### **LED COB**

Corresponde a las siglas "Chip on Board" ("chip en la placa"), en el cual se han insertado multitud de leds en un mismo encapsulado. De esta manera, nos proporciona más rendimiento lumínico: esto quiere decir que, con la misma potencia y tamaño, el LED COB aporta más luz que el SMD.



**Figura 23:** Diodo LED COB.

## **2.4.2. Ventajas y desventajas del uso del LED**

### **2.4.2.1. Ventajas**

- **ALTA EFICIENCIA:** La iluminación LED consume un 80-90% menos de electricidad que una bombilla corriente de características similares. Esto aproximadamente, significa un 90% de ahorro en la factura eléctrica. Con las lámparas led se ha conseguido la mayor eficiencia lumínica, llegando hasta 130-150 lúmenes por vatio en las bombillas más eficientes, y a 80 lúmenes por vatio en las más populares. Como ejemplo la eficiencia lumínica de un halógeno es tan solo de 20 a 25 lúmenes por vatio.

- **MUY BAJO CONSUMO:** Consumen 2,5 veces menos que una bombilla de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una bombilla incandescente de las de toda la vida, esto conlleva un impresionante ahorro económico, que puede llegar al 90% en la factura de la luz, y una rápida amortización de la inversión.
- **DURACIÓN:** Las bombillas LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas de fácil rotura. No existe un punto en que cesen de funcionar, su degradación es gradual a lo largo de su vida. Se considera una duración entre 30.000 y 50.000 horas, hasta que su luminosidad decae por debajo del 70%, eso significa entre 10 y 30 años en una aplicación de 10 horas diarias 300 días/año, reduciendo los costes de mantenimiento y remplazo.

**Tabla 5:** Características de las fuentes de luz.

Tipo de lámpara	Eficacia (lm/W)	Tiempo de vida(h)	IRC
Halógena	20	1.2	100
Halogenuros metálicos	70-108	15	90
Fluorescente	60-100	8	80
Sodio baja presión	120-200	16	25
Sodio alta presión	95-130	28	45
LED	90-120	> 50.000	>75

- **CALIDAD DE LA LUZ EMITIDA:** El ICR o índice cromático de color, proporciona una medida de la calidad de la luz, las bombillas LED poseen un CRI alrededor de 90, consiguiendo que se aprecien mucho más los matices de la luz. La obtenida por fluorescentes y bombillas llamadas de "bajo consumo", además de no ser instantáneas en su encendido, poseen una luz muy poco natural, con un ICR muy bajo en torno a 44.
- **BAJA EMISIÓN DE CALOR:** Al consumir poca energía, las bombillas LED emiten poco calor. Es la llamada luz fría. Por ejemplo, una bombilla halógena gasta de 50W, 45

aproximadamente en emisión de calor, esto supone un gasto extraordinario en aire acondicionado.

- **RESPUESTA INSTANTÁNEA:** El encendido y apagado de las bombillas LED es rapidísimo, a diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos; lo que los hace muy útiles en sistemas de apagado y encendido por detección de movimiento.
- **REGULABLES:** Algunos de nuestros modelos LED son regulables, permitiendo el control del gasto energético y la creación del ambiente deseado.
- **ECOLÓGICOS:** Las bombillas LED son totalmente reciclables y ecológicas ya que no contienen mercurio, ni materiales tóxicos como las lámparas fluorescentes.
- **RESISTENCIA:** Las lámparas LED son mucho más resistentes a los golpes, e incluso aquellas que poseen un bulbo de cristal pueden seguir funcionando si este se rompe.
- **EMERGENCIA:** Su bajo consumo las hace ideales para sistemas de iluminación de emergencia mediante un sistema de baterías o de generador auxiliar, por lo que pueden ahorrar en sistemas paralelos de iluminación.
- **VERSATILIDAD:** Se pueden encontrar de todo tipo de colores, incluso la mezcla de ellos mediante los LED RGB2, lámparas, tubos, paneles planos, tiras, farolas, focos industriales, etc.
- **AHORRO EN CABLEADO DE INSTALACIÓN:** Debido a que el consumo de energía es mucho menor, las instalaciones eléctricas de las lámparas de Leds se hacen con cables de calibres mucho menor, esto se traduce directamente en un ahorro sustancial en el cableado y en las instalaciones. Además, en muchas de las sustituciones, simplemente es cambiar un bombillo por otra, ya que los casquillos de las bombillas led y las tradicionales son iguales.

#### **2.4.2.2. Desventajas**

- **TEMPERATURA AMBIENTE:** La temperatura ambiente es muy importante en su vida útil, ya que, una subida de 25 grados en

dicha temperatura puede producir una reducción del 66 % de su vida útil (subida medida sobre la temperatura óptima de utilización indicada por el fabricante). Esto puede influir en su utilización en fábricas o lugares donde se realicen procesos industriales, que suelen conllevar altas temperaturas.

- **PRECIOS ELEVADOS:** La principal desventaja de los leds es que su precio es notablemente superior al de las lámparas tradicionales.

#### **2.4.3. Importancia del LED en el mercado actual**

La tecnología led gracias a su pequeño tamaño permite que se integre perfectamente en muchos productos cotidianos, además su variedad de colores permite crear, modificar y jugar con los ambientes, convirtiéndose en una herramienta más para arquitectos, interioristas y decoradores.

El veloz crecimiento que sufriendo la tecnología led podría permitir la desmonopolización de las grandes marcas mundiales de bombillas tradicionales, por lo que las exigencias cualitativas y tecnológicas serían mayores, así convirtiéndose, en un mercado altamente competitivo. Este crecimiento ofrece multitud de oportunidades de negocio ya sea en la fabricación de mejores lámparas, en sustitución y mejora de luminarias existentes, la integración de la tecnología LED en los vehículos, el diseño e instalación de sistemas LED en edificación de nueva construcción, la salud, etc.

Esto se debe a que las características de la tecnología LED, además de responder a las necesidades de eficiencia energética, también contribuyen a crear un entorno sostenible. De esta manera, el ahorro de energía se traduce en menos contaminación y por ello, las lámparas LED están teniendo una evolución positiva en el mercado actual de la iluminación.

Las innovaciones tecnológicas que se están produciendo en la fabricación de los diodos led, permiten reducir costes y mejoran su rendimiento, de este modo, eso se traducirá en que los LED continuarán remplazando a las lámparas tradicionales los diferentes mercados de la iluminación.

Según un informe de la “Asociación Española de Fabricantes de Iluminación”, la tecnología LED se muestra como una de las mayores revoluciones en iluminación desde que Edison inventó el foco, basándose en un estudio realizado por la organización, que reflejó el crecimiento en el mercado durante los últimos años, estimando que el crecimiento anual medio de la tasa de fabricación acapare el 24 % de la fabricación total del sector. Asimismo, se habló de los índices que se prevén para 2020, año en el que el mercado de los LED podría cubrir el 60 % de las luminarias suministradas a nivel mundial.

#### **2.4.4. Inversión, ahorro y eficiencia energética**

La iluminación artificial es responsable del 19% del consumo global de electricidad, que equivale al 2,4% del consumo mundial de toda la energía primaria empleada. El 70% de la energía empleada para la iluminación artificial es consumida por bombillas tradicionales, para las que, sin lugar a dudas, hay alternativas más eficientes

Según encuesta realizada por Philips con 1.300 consumidores, un 65% de los consultados sustituirá las bombillas tradicionales por las de bajo consumo, un 21% las cambiará por LED, y un 14% por halógenos. Además, y según dicha encuesta, un 74% cambiaría su bombilla antigua para conseguir ahorro energético, y un 17% para reducir el impacto medioambiental.

Un 95% de la energía que consume una bombilla incandescente de 100W se traduce en calor. Únicamente el 5% se convierte en luz. Esto hace que la incandescencia sea una tecnología altamente ineficiente y de ahí la retirada de las mismas. Las tecnologías de iluminación existentes en el mercado (halógenas ahorradoras, fluorescentes de bajo consumo y LED) se presentan como alternativas eficientes a las bombillas incandescentes, consiguiendo ahorros energéticos de hasta un 90%”. Debido a la situación económica, es muy importante optimizar el consumo de energía y utilizar equipamientos eléctricos más eficientes con el fin de reducir costes. Con la iluminación led es posible reducir el consumo eléctrico hasta un 80%. Mientras que el rendimiento energético de una bombilla tradicional es del 10% (sólo una décima parte de la energía consumida genera luz) los

diodos Led aprovechan el 90%). Estos no tienen filamentos u otras partes mecánicas sujetas a roturas ni a fallos por "fundido", no existe un punto en el que dejan de funcionar, sino que su degradación es gradual a lo largo de su vida

El 1 de septiembre del año 2009, entró en vigor la normativa de eficiencia energética de la Unión Europea, que exige a los fabricantes de bombillas no distribuir más en el mercado lámparas incandescentes de 60W. En consecuencia, los Gobiernos de todo el mundo han entendido que esta decisión supondrá un ahorro en el uso de energía, así como una disminución de las emisiones de CO2.

El objetivo propuesto por la Unión Europea, es que en 2020 se consiga un ahorro de electricidad equivalente al consumo anual de 11 millones de hogares, además de una reducción media de la factura de la luz de 25 euros al año con la aplicación de las nuevas normas de eficiencia energética.

Se estima que la sustitución de bombillas incandescentes por otros sistemas permitirá un ahorro anual de 40.000 millones de kilovatios/hora a partir de 2020. Eso supone un consumo eléctrico de once millones de hogares. Así, las emisiones de dióxido de carbono se reducirán anualmente en 15 millones de toneladas, algo que contribuirá al objetivo de la Unión Europea de reducir el 20% de las emisiones de CO2 para 2020.

En la siguiente figura muestra el ahorro de energía frente al consumo eléctrico de las bombillas y led que se venden en el mercado.



**Figura 24:** Ahorro de energía con LED.

La iluminación es la causante del 19% de la energía mundial y de alrededor de un 6% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Entonces, al duplicar la eficiencia en la iluminación a nivel mundial, tendría un impacto sobre el clima equivalente a la eliminación de la mitad de las emisiones de toda la producción de electricidad y calor en la UE. Al igual que muchas otras tecnologías energéticamente eficientes, la iluminación eficiente impulsará la prosperidad global. Sólo en los Estados Unidos, recortar la utilización de la energía en un 40% ahorraría aproximadamente 53.000 millones de dólares en costes anuales de energía, lo que supondría una reducción de la demanda de energía equivalente a la producción de 198 centrales eléctricas de tamaño medio.

En cuanto a la toma de conciencia con el medio ambiente, del total del consumo eléctrico, el 30% puede deberse a la iluminación. Hoy en día, los sistemas de aprovechamiento de luz natural o los sensores de presencia son verdaderamente importantes, ya que con ellos se favorece el cuidado del medio ambiente.

Es así, que la sociedad está cada vez más sensibilizada con las políticas de medio ambiente y sostenibilidad. De hecho, es muy importante dentro de un mundo empresarial ser cada vez más competitivo ser este tipo de



actuaciones. Mediante la utilización de la iluminación led se consiguen grandes mejoras medioambientales, debido a que son menos contaminantes que las lámparas tradicionales, que contienen metales y gases contaminantes que pueden resultar peligrosos para el ser humano, además de resultar un verdadero problema para la gestión residual de los mismos.

Con el paso a la iluminación led se protege la salud y el medioambiente. Las lámparas led:

- No producen radiaciones ultravioletas, irradiaciones de infrarrojos, ni contaminación lumínica. Además, el 99% de sus componentes son reciclables.
- Consumen menos CO<sub>2</sub> al consumir menos energía.

De un informe titulado “Iluminando Clean Revolution: El ascenso del LED en el alumbrado público y su significado para las ciudades”, nace el proyecto LightSavers, que se realizó en 12 ciudades diferentes (incluyendo Nueva York, Londres, Calcuta y Sydney), cuya duración fue de dos años y medio, donde se analiza el potencial que ofrece la tecnología led con lámparas LED, además ofrece pautas a seguir, a la hora de conseguir ahorrar en iluminación, para los responsables políticos y gestores de la ciudad. El informe fue presentado como parte de la campaña “Clean Revolution” en Global Compact Corporate Sustainability Forum Río +20 de la ONU y ha sido realizado por The Climate Group<sup>5</sup>, en asociación con Philips, apoyando el argumento de la campaña de ahorro energético que se puede conseguir de forma rápida y con un coste reducido. De este proyecto, se obtuvieron datos como:

- Las encuestas en Calcuta, Londres, Sydney y Toronto indican que los ciudadanos prefieren la iluminación LED; entre un 68% y un 90% de los encuestados apoyan la iniciativa de introducir la tecnología led en toda la ciudad, ya que esta aporta, una mayor sensación de seguridad y una mejor visibilidad.
- La vida útil de la iluminación LED probada oscila entre 50.000 y 100.000 horas, lo que, en términos reales de funcionamiento normal

equivale a quince o veinte años. Además, la tecnología LED es muy integrable con sistemas autónomos de energía solar, como por ejemplo la iluminación vial.

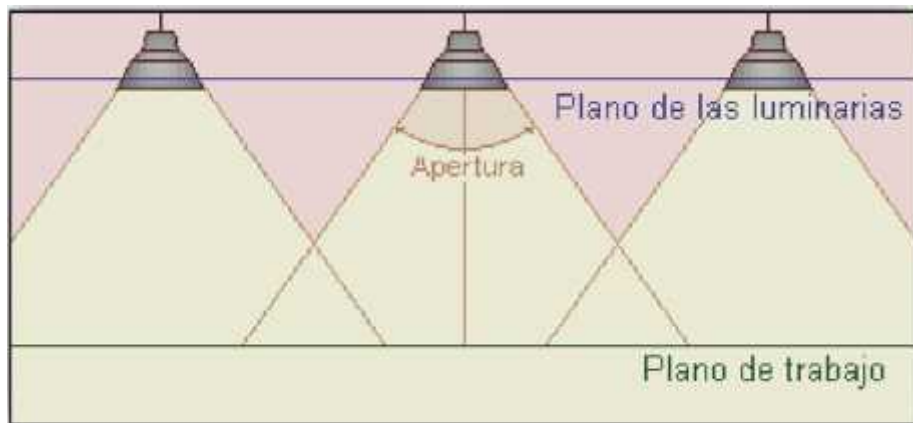
El estudio "LightSavers" concluye diciendo que los LED están ahora lo suficientemente desarrollados como para utilizarlos en la mayoría de las aplicaciones en exterior, aportando a la sociedad beneficios económicos y sociales. Este informe pone claramente de manifiesto que los LED están listos para ser aplicados en los pueblos y ciudades de todo el mundo. La tecnología LED es eficiente energéticamente y tiene un impacto positivo en la sociedad. Ahora se está instando a los gobiernos a que eliminen los obstáculos políticos y permitan una rápida transición a la iluminación de bajo consumo en carbono. Un cambio completo a las últimas soluciones energéticamente eficientes de iluminación LED ofrece un ahorro significativo de energía, la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la transformación del entorno urbano.

## **2.5. Factores importantes en la instalación de la tecnología LED**

A la hora de realizar una instalación de iluminación led, debemos de tener 3 factores en cuenta, estos son: El ángulo de emisión, el color y el tipo de casquillo, ya que dependiendo del uso que le queramos se utilizará uno u otro.

### **2.5.1. Ángulo de emisión**

El ángulo con el que se proyecta la luz de la lámpara LED es sustancial para obtener una iluminación apropiada. Las bombillas que emiten 360° dan una luz difuminada y envolvente, mientras que los focos que emiten en 30° concentran el foco de luz.



**Figura 25:** Ángulo de emisión.

### 2.5.2. Color

Según el color de luz escogido conseguiremos un ambiente agradable o estimulante. Por ejemplo, un blanco cálido es equivalente a la tradicional bombilla incandescente dentro de los hogares. El blanco neutro consigue un tipo de iluminación difusa y de gran calidad, idóneo para oficinas, exposiciones, etc. El blanco frío es ideal para sitios donde queremos conseguir una sensación de mucha luz, etc.

Esto nos vendrá determinado por los grados Kelvin de la bombilla LED. Cada uno tiene una aplicación práctica: el blanco frío (5800K), para sitios que requieran luz potente, como, por ejemplo, trastera, garajes, almacenes, mientras que el blanco cálido (3.000K) ofrece un ambiente agradable en habitaciones, salones y lugares que requieran luz ambiental. El blanco puro (4.500K), para baños, cocinas y sitios de trabajo.



**Figura 26:** Colores y temperatura en las bombillas LED.

### 2.5.3. Casquillo

Para sustituir una bombilla tradicional, de bajo consumo, halógena, es tan sencillo como desenroscar y cambiar por una bombilla LED con el mismo casquillo.



**Figura 27:** Tipos de casquillo.

## 2.6. Iluminación con tecnología LED

### 2.6.1. Iluminación LED en hoteles

La gestión de la iluminación dentro de un hotel, es importantísima, ya que la regulación de esta, permite crear distintos ambientes, escenas, sin cambiar nada más que la intensidad, realizando unos aspectos u otros.

Un hotel es un espacio que debe ofrecer la máxima calidad, confort y los mejores servicios a sus clientes y una parte importante de esos servicios es una correcta iluminación, que genere tranquilidad y bienestar, con un mínimo consumo. De este modo, las lámparas y luminarias LED pueden ser utilizadas tanto en interiores como en exteriores.

En los interiores se deben tener en cuenta los diferentes espacios del recinto y las necesidades de iluminación que requieren. En cuanto a las zonas comunes, como la recepción, los pasillos, aparcamiento, áreas de restauración (bares y restaurantes) es importante tener en cuenta, que deben estar iluminados la mayor parte del día y de la noche. Sin embargo, en los salones de actos y de reuniones necesitan una iluminación más

funcional y las habitaciones requieren de un tipo de luz que favorezca el descanso y la relajación.

Además de la cantidad de horas de luz artificial que se necesita para cada estancia, también se debe tener en cuenta el sistema de control y regulación de la iluminación que actualmente está utilizando el hotel, para lugares como el parking, pasillos, escaleras o cuartos de aseo, que no siempre tienen tránsito.



**Figura 28:** Iluminación LED en hoteles.

### **2.6.2. Iluminación LED en hogares**

Realizar una sustitución de la iluminación tradicional por el led, permitiría un mejor aprovechamiento de la energía en los hogares y el consiguiente ahorro en la factura de la luz.

Para ello, debemos de tener en cuenta:

- Los puntos de luz de la casa en los que se puede gastar menos energía
- Donde más tiempo están las luces encendidas y haya bombillas de mayor potencia instalada. Por ejemplo, para los baños, cocinas y pasillos, la iluminación led es ideal, ya que estos son lugares expuestos a una gran cantidad de ciclos (continuos encendidos y apagados) a diferencia de las de bajo consumo, que reducen su vida útil si se encienden y apagan con frecuencia.
- Para jardines y fachadas, las luminarias led ofrecen un alto índice de resistencia, ya que soporta la humedad, las altas y bajas temperaturas y las vibraciones.



**Figura 29:** Iluminación LED en jardines.

### **2.6.3. Iluminación LED en establecimientos comerciales**

Los establecimientos comerciales pueden dividirse en dos grandes categorías, en función de su tamaño, pero las necesidades de iluminación de unos a otros es similar, especialmente en lo que a iluminación de producto se refiere.

Igualmente es importante tener en cuenta que la temperatura de color y sobre todo el índice de reproducción cromática (Ra o Cri) cobran especial importancia aquí, y puede ser recomendable variarlo en función del tipo de producto a iluminar, para destacar o realzar sus atributos:

- Alumbrado General: De 300 a 600 lux.
- Escaparates exteriores: De 1000 a 3000 lux
- Escaparates interiores: Unos 1000 lux
- Estantes de mercancías: De 200 a 400 lux.
- Vitrinas: De 1000 a 3000 lux.
- Mostradores y líneas de caja: Entre 500 y 900 lux.



**Figura 30:** Iluminación LED en centros comerciales.

#### **2.6.4. Iluminación LED en el sector sanitario**

La iluminación en hospitales, salas de consulta, etc., debe servir a dos objetivos fundamentales: garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las tareas correspondientes, y contribuir a una atmósfera en la que el paciente se sienta confortable. La adecuada iluminación puede influenciar el estado de ánimo, y, por tanto, combinada con otros elementos, contribuir significativamente al proceso de recuperación del enfermo.

Al estudiar el diseño del alumbrado de un centro hospitalario, se puede observar la existencia de distintas tareas en diferentes espacios, que requieren de un tratamiento específico, pues no se tratará o planteará igual la iluminación de un quirófano, que de la lavandería, una sala de consulta o la cafetería. Cada espacio y las tareas que en él se desarrollan tienen requisitos de iluminación particulares y específicos.

- Recepción y salas de espera: De 300 a 600 lux.
- Salas de consulta y examen: De 400 a 1000 lux
- Quirófanos (general): De 300 a 1000 lux
- Quirófanos (mesa de operaciones): De 3000 a 8000 lux.
- Laboratorios: De 400 a 1000 lux.
- Habitaciones (general): Entre 50 y 300 lux.
- Habitaciones, sobre la cama (para examen o lectura): Entre 350 y 750 lux.
- Alumbrado nocturno: Entre 10 y 50 lux.
- Consultas dentales, sobre el sillón de examen: Entre 750 y 5000 lux.



**Figura 31:** Iluminación LED en hospitales.

#### **2.6.5. Iluminación LED en la industria**

Una iluminación inadecuada en el trabajo puede originar fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y accidentes. El trabajo con poca luz daña la vista. El grado de seguridad con el que se ejecuta el trabajo depende de la capacidad visual y ésta depende, a su vez, de la cantidad y calidad de la iluminación. Un ambiente bien iluminado no es solamente aquel que tiene suficiente cantidad de luz. No todas las actividades relacionadas con la industria y la actividad productiva requieren el mismo nivel de iluminación. En una misma planta industrial suele haber distintas áreas destinadas a diferentes actividades o procesos, y cada una de ellos tiene unos requisitos o necesidades de iluminación concretos.

- Industrias de alta precisión, área de producción: De 1000 a 5000 lux.
- Industrias de precisión, área de producción: De 600 a 2000 lux.
- Industrias ordinarias, área de producción: De 300 a 800 lux.
- Industrias bastas, área de producción: De 200 a 600 lux
- Talleres de montaje de piezas pequeñas: De 500 a 1200 lux.
- Talleres de montaje de piezas medianas: De 350 a 1000 lux.
- Trabajos muy finos en banco o máquina: De 1000 a 3000 lux.
- Depósitos y almacenes: Entre 50 y 400 lux.
- Embalaje: Entre 100 y 400 lux.
- Cámaras frigoríficas: Entre 100 y 250 lux.





**Figura 32:** Iluminación LED en la industria.

#### **2.6.6. Iluminación LED en oficinas**

Para conseguir un buen nivel de confort visual se debe conseguir un equilibrio entre la cantidad, la calidad y la estabilidad de la luz, de tal forma que se consiga una ausencia de reflejos y de parpadeo, uniformidad en la iluminación, ausencia de excesivos contrastes, etc. Todo ello, en función tanto de las exigencias visuales del trabajo como de las características personales de cada persona. Una iluminación incorrecta puede ser causa, además, de posturas inadecuadas que generan a la larga alteraciones músculo-esqueléticas.

- Mesas de trabajo administrativo: 400 a 700 lux.
- Mesas de dibujo o diseño: de 600 a 1500 lux.
- Salas de reuniones (iluminación general): de 200 a 350 lux.
- Salas de reuniones (sobre la mesa): 400 a 700 lux.
- Archivos: de 100 a 400 lux.
- Zonas de paso: de 150 a 500 lux.



**Figura 33:** Iluminación LED en oficinas.

#### **2.6.7. Iluminación LED en centros de estudio**

Tienen requisitos específicos de iluminación, entre otras cosas por el tipo de actividades que en ellos se realizan. Una deficiente iluminación de las instalaciones de un centro de estudio, y en especial de las aulas y espacios destinados a impartir clases y aprendizaje, puede ocasionar fatiga visual, lesiones en la vista e incluso podría ser causa del incremento del índice de fracaso escolar por bajo rendimiento de los alumnos.

- Alumbrado General en aulas: De 350 a 1000 lux.
- Alumbrado General en aulas de plástica y técnicas: De 500 a 1000 lux
- Gimnasios: De 250 a 500 lux
- Laboratorios: De 250 a 1000 lux.
- Pizarras: De 300 a 700 lux.
- Salas de conferencias: Entre 200 y 1000 lux.
- Zonas de paso: Entre 150 y 700 lux.
- Vestuarios: Entre 50 y 300 lux.
- Bibliotecas y salas de estudio: Entre 300 y 750 lux.



**Figura 34:** Iluminación LED en aulas.

---

# DISEÑO DEL SISTEMA

---

## CAPITULO III

### 3.1. Cálculo de la potencia actual

Para el cálculo de la potencia que necesita cada ambiente del laboratorio, se procedió a medir la tensión de línea (216 VAC) y la corriente por cada carga conectada con una pinza amperimétrica.

A continuación, se muestran los valores medidos en todos los ambientes del laboratorio mediante tablas.

**Tabla 6:** Potencia total en el Laboratorio N°1.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	40	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	2246,4 W
2	2	Ventilador	Techo	0,2 A	43,2 W	86,4 W
3	4	Lámparas	Explorer	0,05 A	10,8 W	43,2 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 2376 W en el laboratorio N°1 (ver Tabla 6).

**Tabla 7:** Potencia total en el Laboratorio N°2.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	40	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	2246,4 W
2	1	Pizarra inteligente	Edson Modelo: CT234	1 A	216 W	216 W
3	4	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	69,12 W
4	3	Módulos PLC	Schneider	3 A	648 W	1944 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 4475,52 W en el laboratorio N°2 (ver Tabla 7).

**Tabla 8:** Potencia total en el Laboratorio N°3.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	40	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	2246,4 W
2	1	Pizarra inteligente	Edson Modelo: CT234	1 A	216 W	216 W
3	3	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	51,84 W
4	2	Ventilador	Techo	0,2 A	43,2 W	86,4 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 2600,64 W en el laboratorio N°3 (ver Tabla 8).

**Tabla 9:** Potencia total en el Laboratorio N°4.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	40	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	2246,4 W
2	1	Pizarra inteligente	Edson Modelo: CT234	1 A	216 W	216 W
3	4	Ventilador	Techo	0,2 A	43,2 W	172,8 W
4	4	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	69,12 W
5	23	Case	HP	0,54 A	116,64 W	2682,72 W
6	23	Monitor	LG - LED	0,17 A	36,72 W	844,56 W
7	1	UPS		1,2 A	259,2 W	259,2 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 6490,8 W en el laboratorio N°3 (ver Tabla 9).

**Tabla 10:** Potencia total en la sala de cómputo.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	30	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	1684,8 W
2	2	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	34,56 W
3	14	Case	HP	0,54 A	116,64 W	1632,96 W
4	14	Monitor	LG - LED	0,17 A	36,72 W	514,08 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 3866,4 W en la sala de computo (ver Tabla 10).

**Tabla 11:** Potencia total en el Almacén N°1.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	12	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	673,92 W
2	1	Impresora	Edson:L555	0,17 A	36,72 W	36,72 W
3	2	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	34,56 W
4	1	Case	HP	0,54 A	116,64 W	1632,96 W
5	1	Monitor	LG - LED	0,17 A	36,72 W	36,72 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 898,56 W en el Almacén N°1 (ver Tabla 11).

**Tabla 12:** Potencia total en el Almacén N°2.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	6	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	336,96 W
2	3	Cisco 2900		0,71 A	153,36 W	460,08 W
3	2	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	34,56 W
4	2	Case	HP	0,54 A	116,64 W	233,28 W
5	2	Monitor	LG - LED	0,17 A	36,72 W	73,44 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 1138,32 W en el Almacén N°2 (ver Tabla 12).

**Tabla 13:** Potencia total en el Centro de producción.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia
------	----------	-------------	--------	-----------	-------------------	----------

						total
1	16	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	898,56 W
2	1	Fluorescente	Circular	0,21 A	45,36 W	45,36 W
3	2	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	34,56 W
4	7	Case	HP	0,54 A	116,64 W	816,48 W
5	7	Monitor	LG - LED	0,17 A	36,72 W	257,04 W
6	2	Ventiladores	Piso	0,1 A	21,6 W	43,2 W
7	1	Radio	Panasonic	0 A	0 W	0 W
8	3	Impresoras	HP	0,21 A	45,36 W	136,08 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 2231,28 W en el Centro de producción (ver Tabla 13).

**Tabla 14:** Potencia total en la oficina de Dirección de escuela.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	7	Fluorescente	Circulares	0,21 A	45,36 W	317,52 W
2	3	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	51,84 W
3	3	Case	HP	0,54 A	116,64 W	349,92 W
4	3	Monitor	LG - LED	0,17 A	36,72 W	110,16 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 829,44 W en la oficina de Dirección de escuela (ver Tabla 14).

**Tabla 15:** Potencia total en la sala de profesores y sustentación.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	16	Fluorescente	Largos	0,26 A	56,16 W	898,56 W
2	1	Fluorescente	Circulares	0,21 A	45,36 W	45,36 W
3	2	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	34,56 W
4	1	Ventilador	Piso	0,1 A	21,6 W	21,6 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 1000,08 W en la sala de profesores y sustentación (ver Tabla 15).

**Tabla 16:** Potencia total en el pasadizo del primer piso.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
------	----------	-------------	--------	-----------	-------------------	----------------

1	14	Fluorescente	Circulares	0,21 A	45,36 W	635,04 W
2	2	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	34,56 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 669,6 W en el pasadizo del primer piso (ver Tabla 16).

**Tabla 17:** Potencia total en el pasadizo del segundo piso.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	12	Fluorescente	Circulares	0,21 A	45,36 W	544,32 W
2	3	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	51,84 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 596,16 W el pasadizo del segundo piso (ver Tabla 17).

**Tabla 18:** Potencia total en el pasadizo del tercer piso.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	3	Fluorescente	Circulares	0,21 A	45,36 W	136,08 W
2	1	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	17,28 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 153,36 W el pasadizo del tercer piso (ver Tabla 18).

**Tabla 19:** Potencia total en el pasadizo del cuarto piso.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	4	Fluorescente	Circulares	0,21 A	45,36 W	181,44 W
2	2	Lámparas	Explorer	0,08 A	17,28 W	34,56 W

Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 216 W el pasadizo del tercer piso (ver Tabla 19).

**Tabla 20:** Potencia total en el pasadizo del quinto piso.

Ítem	Cantidad	Descripción	Tibles	Corriente	Potencia unitaria	Potencia total
1	4	Fluorescente	Circulares	0,21 A	45,36 W	181,44 W
2	0	Lámparas	Explorer	0 A	0 W	0 W



Después de hacer las mediciones, se obtuvo una potencia total de 181,44 W el pasadizo del tercer piso (ver Tabla 20).

Finalmente, se muestra una tabla con la potencia total en cada ambiente del laboratorio con lo que respecta a iluminación.

**Tabla 21:** Potencia total en el laboratorio.

Ambiente del laboratorio	Potencia
Laboratorio N°1	2289.6 W
Laboratorio N°2	2315.52 W
Laboratorio N°3	2298.24 W
Laboratorio N°4	2315,52 W
Sala de computo	1719,36 W
Centro de producción	978,48 W
Dirección de escuela	369,36 W
Sala de profesores y sustentación	979,48 W
Almacén N°1	708,48 W
Almacén N°2	371,52 W
Pasadizo del primer piso	669,6 W
Pasadizo del segundo piso	596,16 W
Pasadizo del tercer piso	153, 36 W
Pasadizo del cuarto piso	216 W
Pasadizo del quinto piso	181, 44 W

Por lo tanto, la potencia necesaria para iluminar todos ambientes del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica utilizando tubos fluorescentes es de 16152,12 W (ver Tabla 21).

### 3.2. Elección de tubos y luminarias LED

La tecnología de iluminación presente en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica son los tubos fluorescentes, los cuales tienen las siguientes desventajas:

- Las lámparas fluorescentes no dan una luz continua, sino que muestran un parpadeo que depende de la frecuencia de la corriente alterna aplicada. Este efecto no se nota mucho a simple vista, pero una exposición continua a esta luz puede ocasionar dolor de cabeza.

- Este parpadeo puede causar efecto estroboscópico, de forma que un objeto que gire a cierta velocidad podría verse estático bajo una luz fluorescente.
- El parpadeo, aunque poco perceptible, puede afectar considerablemente la salud de algunas personas con algunos tipos migrañas, este tipo de parpadeo también puede afectar a los estados de concentración de los estudiantes (parpadeos laterales en el tubo fluorescente al final de su vida).
- Las lámparas fluorescentes necesitan de unos momentos de calentamiento antes de alcanzar su flujo luminoso normal, por lo que es aconsejable utilizarlas en lugares donde no se están encendiendo y apagando continuamente (como pasillos y escaleras). Por otro lado, los encendidos y apagados constantes acortan su vida útil.

Por lo tanto, al sustituir los tubos fluorescentes por tecnología de iluminación LED, la Escuela de Ingeniería Electrónica obtendrá los siguientes beneficios:

- Alta eficiencia energética: Los LED utilizan solo el 10% de la electricidad que necesita una bombilla incandescente para funcionar (50% en el caso de los fluorescentes).
- Luz constante sin parpadeos.
- No contienen mercurio.
- Extremadamente duraderos: En torno a los diez años (dependiendo de los tiempos de encendido). Duran dos veces más que los tubos fluorescentes de larga vida (según modelos) y treinta veces más que las mejores bombillas incandescentes.
- Aportan seguridad en su manipulación: Permanecen generalmente frías para poder tocarlas.
- Rápido encendido: Su encendido ocurre de forma muy rápida y sin parpadeos.
- Capaz de emitir por sí mismo luz de un intenso color sin el uso de filtros de colores.
- Su fallo se produce mediante la pérdida progresiva de la luminosidad a lo largo del tiempo, a diferencia del fundido repentino de las bombillas incandescentes y tubos fluorescentes.

El consumo de energía es un dato vital a la hora de seleccionar una luminaria, ya no es válido sólo comparar la potencia (W), sino que también es necesario comparar el rendimiento lumínico. Ahí entran en juego dos parámetros importantes: el lumen (lm) y el lux (lx).

- **Lumen (lm):** Es la medida de la potencia luminosa emitida en un ángulo determinado por una fuente, es decir, es la unidad que indica la “cantidad” total de luz que percibimos en un ángulo determinado.
- **Lux (lx):** Es la sensación de luminosidad. Su equivalencia es de un lm/m<sup>2</sup>. Resumiendo, es la cantidad de luz que tenemos en un metro cuadrado.

Teniendo en cuenta estos conceptos se procederán a elegir las lámparas y luminarias adecuadas para todos los ambientes del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. Además, se hará uso de cálculos teóricos y del software DIALux.

### 3.2.1. Elección de tubos y luminarias LED para el primer piso

#### **Ingreso principal**

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Ingreso principal.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 22 se muestran sus principales características.

**Tabla 22:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B-2	8W	900 lm



**Figura 35:** Luminaria LED para el Ingreso principal.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{6,2 * 7}{1,7 (6,2 + 7)} = \frac{4,7}{2,7} = 1,8446$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0,8

Paredes → Claro = 0,5

Suelo → Oscuro = 0,3

- **Factor de Utilización (Cu):** 0,66

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (u)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 36:** Elección del Factor de utilización.

- **Factor de mantenimiento (Cm):** 0,8

**Tabla 23:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

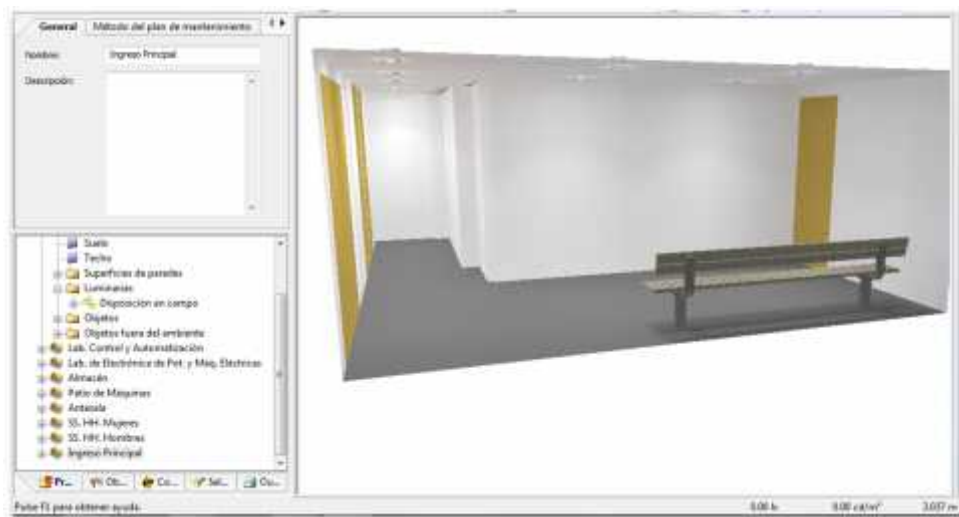
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{1 * (6,2 * 7)}{0,6 * 0,8} = \frac{4,3}{0,5} = 8.285,9848 \text{ lm}$$

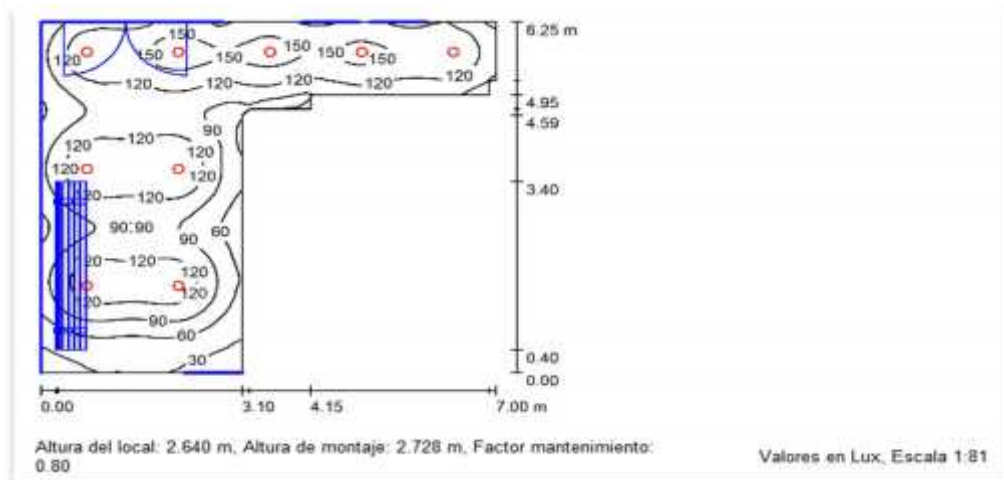
- **Cálculo del número de luminarias LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{8.285,9}{9} = 9,2066$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 9 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 37:** Distribución de luminarias LED.



**Figura 38:** Mapa de distribución de luminarias LED.

### Centro de producción

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Centro de producción.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 400 lux.

$$E_m = 400 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 24 se muestran sus principales características.

**Tabla 24:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Philips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 39:** Tubo LED para el Centro de producción.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,1 * 6,7}{1,7 (1,1 + 6,7)} = \frac{6,9}{3,1} = 2,2539$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0,8

Paredes → Claro = 0,5

Suelo → Oscuro = 0,3

- **Factor de Utilización (Cu):** 0,66

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
D <sub>max</sub> = 1.0 H <sub>lm</sub>		4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61
f <sub>m</sub> .70 .75 .80		5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63

**Figura 40:** Elección del Factor de utilización.

- **Factor de mantenimiento (Cm):** 0,8

**Tabla 25:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

▪ **Flujo luminoso total:**

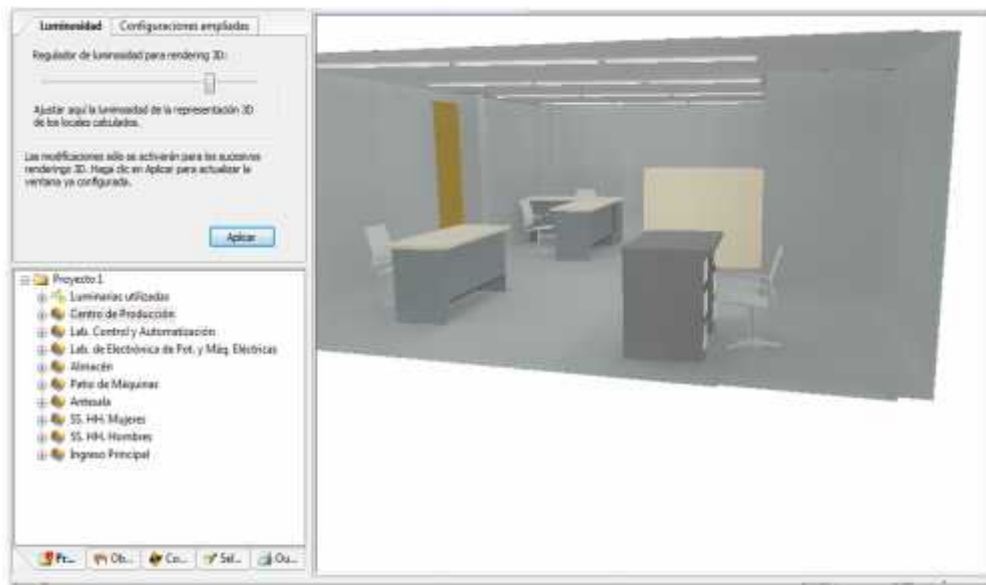
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{4 * (1,1 * 6,7)}{0,6 * 0,8} = \frac{2,1,5}{0,5} = 51.478,3333 \text{ lm}$$

▪ **Cálculo del número de tubos LED:**

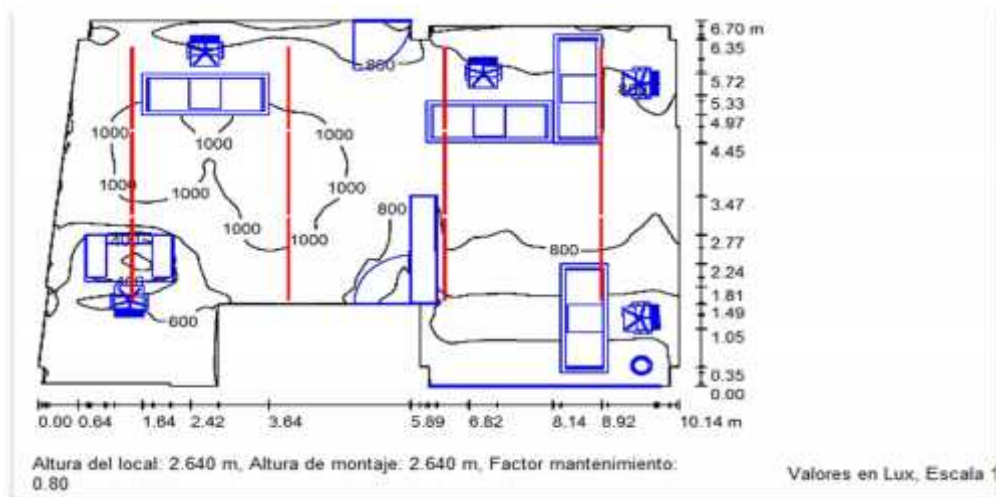
$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{5,4,3}{3} = 13,9130$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 12 tubos LED con una iluminación media de 400 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 41:** Distribución de tubos LED.





**Figura 42:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Servicio higiénico de mujeres

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente los servicios higiénicos de mujeres.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 26 se muestran sus principales características.

**Tabla 26:** Características de la bombilla LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm



**Figura 43:** Luminaria LED para SS.HH.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,9 * 3,8}{1,7 (1,9 + 3,8)} = \frac{7,5}{7,5} = 0,9891$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu): 0,53**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (u)												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes							
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30	
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37	
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41	
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45	
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48	
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52	
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54	
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56	
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58	
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59	
D <sub>max</sub> = 1.0 H <sub>m</sub>														
f <sub>m</sub> .70 .75 .80														

**Figura 44:** Elección del Factor de utilización.

- **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 27:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

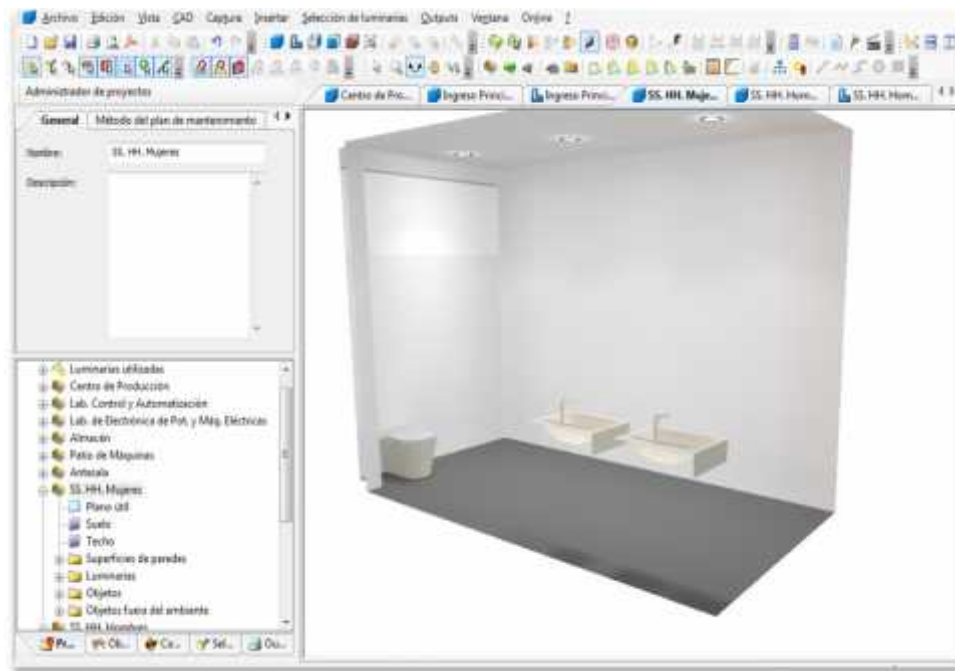
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{1 * (1,9 * 3,8)}{0,5 * 0,8} = \frac{7,7}{0,4} = 1.770,6367 \text{ lm}$$

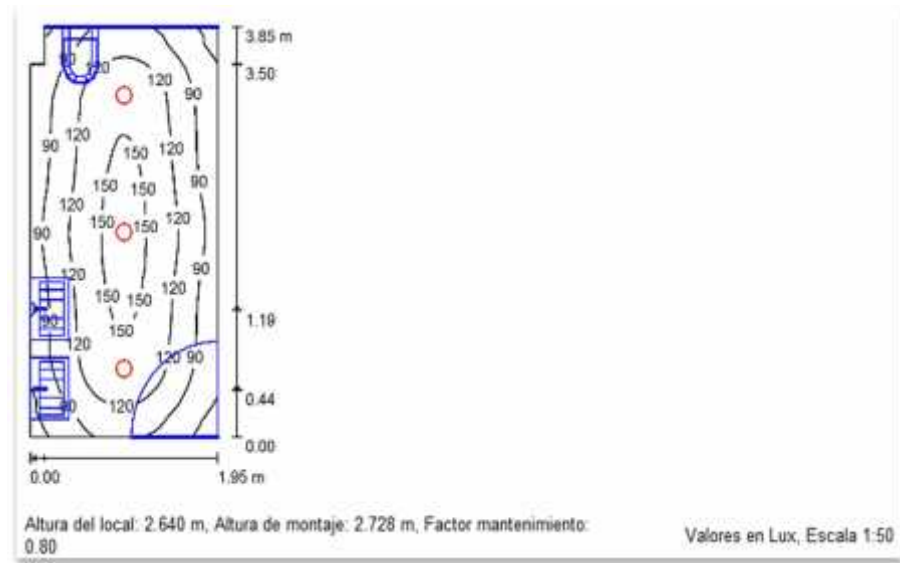
- **Cálculo del número de luminarias LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{1.770,6}{5} = 3,5412$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 3 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 45:** Distribución de luminarias LED.



**Figura 46:** Mapa de distribución de luminarias LED.

### Servicio higiénico de hombres

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente los servicios higiénicos de hombres.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 28 se muestran sus principales características.

**Tabla 28:** Características de la bombilla LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm



**Figura 47:** Luminarias LED para SS.HH.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,9 * 3,8}{1,7 (1,9 + 3,8)} = \frac{7,5}{7,5} = 0,9891$$


▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,53**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (u)											
		Factor de reflexión del techo						Factor de reflexión de las paredes					
		0.8	0.7	0.5	0.3	0		0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 48:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 29:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

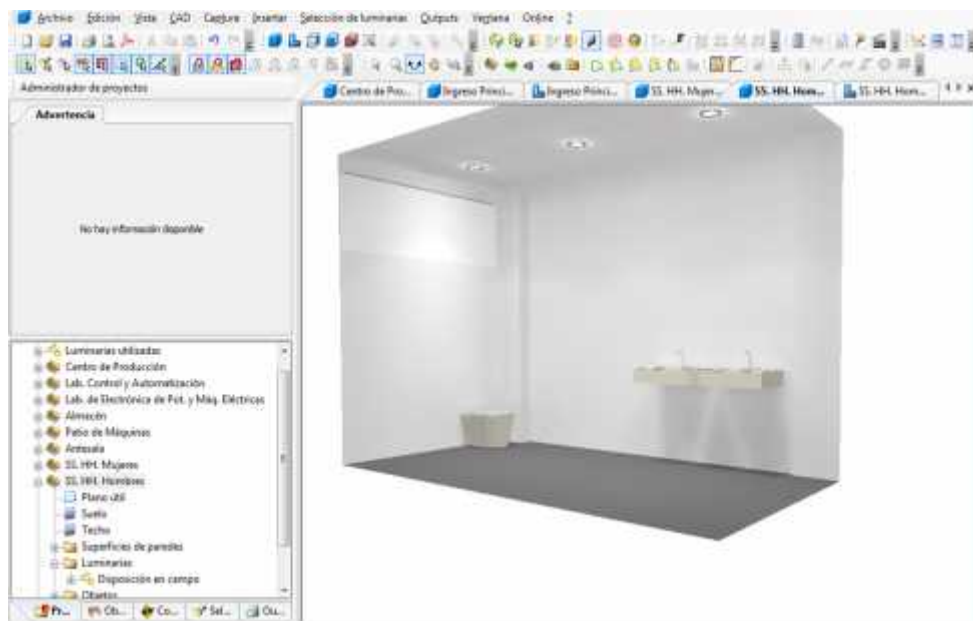
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{1 * (1,9 * 3,8)}{0,5 * 0,8} = \frac{7,7}{0,4} = 1.770,6367 \text{ lm}$$

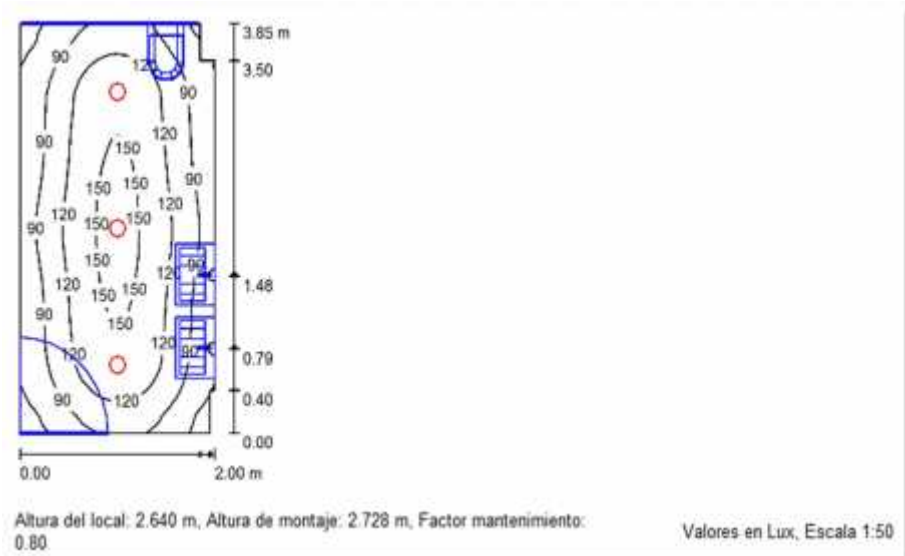
- **Cálculo del número de luminarias LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{1.770,6}{5} = 3,5412$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 3 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 49:** Distribución de luminarias.



**Figura 50:** Mapa de distribución de luminarias.

### Laboratorio de Control y automatización

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Laboratorio de Control y automatización.

- **Altura del plano de trabajo:** 3,32 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 30 se muestran sus principales características.

**Tabla 30:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 51:** Tubo LED para el Laboratorio de Control.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,7 \cdot 8,9}{3,3 (1,7 + 8,9)} = \frac{1,9}{7,0} = 1,6250$$

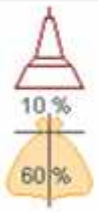
▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.7

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,64**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 52:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 30:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6



- **Flujo luminoso total:**

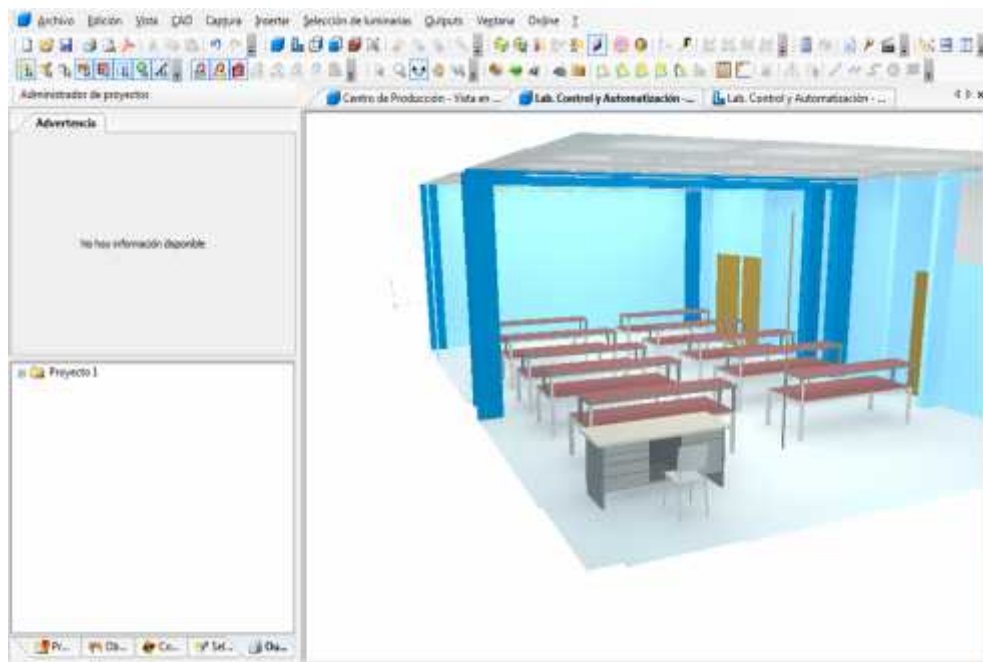
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (1,7 * 10^9)}{0,6 * 0,8} = \frac{6,9}{0,5} = 119.072,2656 \text{ lm}$$

- **Cálculo del número de tubos LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{119.072,2656}{3} = 39.690,7552$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 28 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 53:** Distribución de tubos LED.





**Figura 55:** Tubos LED para el Laboratorio de Potencia.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,7 \cdot 8,9}{3,3 (1,7 + 8,9)} = \frac{1,9}{7,0} = 1,6250$$


▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.7

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,64**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 56:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 31:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

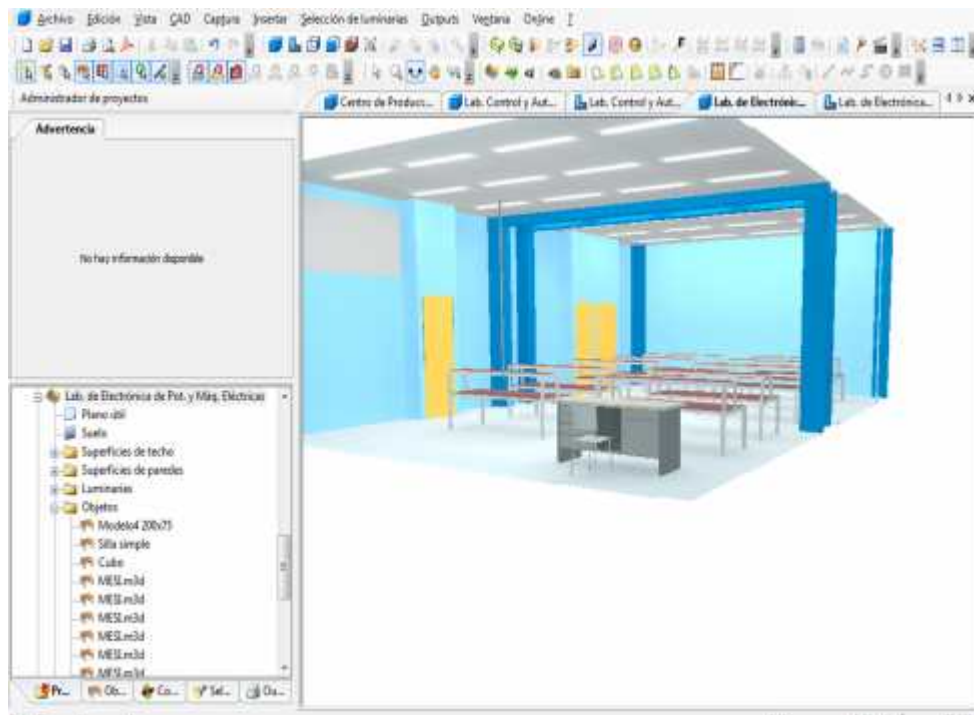
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (1,7 * 10^9)}{0,6 * 0,8} = \frac{6,9}{0,5} = 119.072,2656 \text{ lm}$$

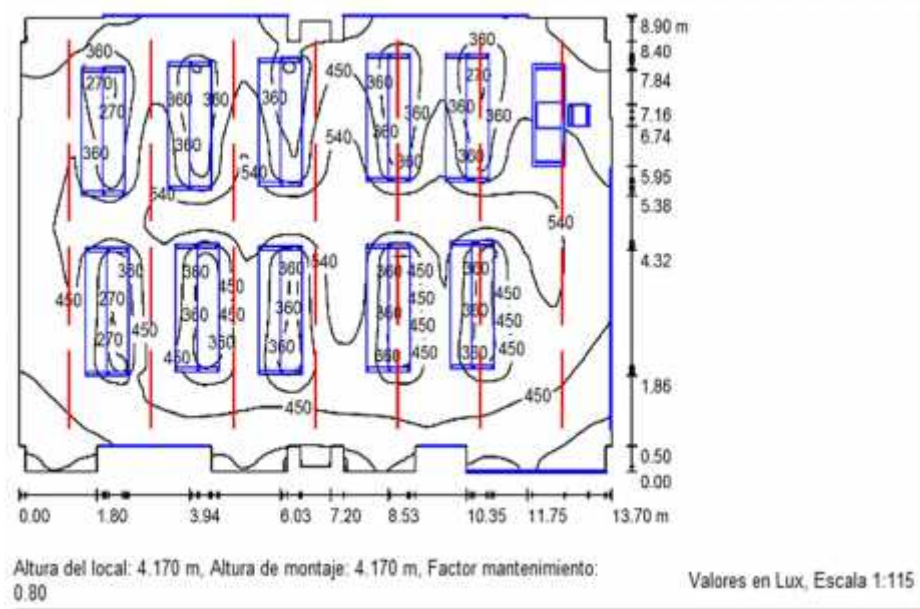
- **Cálculo del número de tubos LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{119.072,2656}{3} = 39.690,7552$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 28 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 57:** Distribución de tubos LED.



**Figura 58:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Almacén 1er Piso

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Almacén.

- **Altura del plano de trabajo:** 3,32 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 32 se muestran sus principales características.

**Tabla 32:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 59:** Tubos LED para el Almacén.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{5,7 \cdot 4,7}{3,3 (5,7 + 4,7)} = \frac{2,0}{3,7} = 0,7791$$


▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,53**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)															
		Factor de reflexión del techo															
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes										
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0				
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30				
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37				
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41				
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45				
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48				
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52				
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54				
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56				
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58				
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59				

**Figura 60:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 33:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

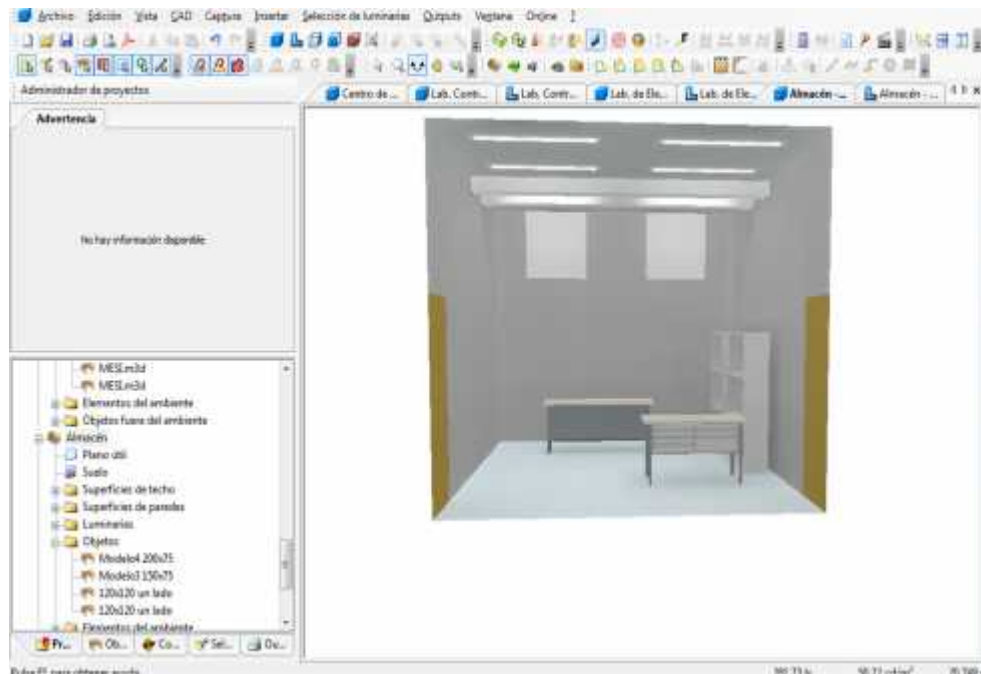
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (5,7 * 4,7)}{0,5 * 0,8} = \frac{1 * 5,5}{0,4} = 31.885,7311 \text{ lm}$$

- **Cálculo del número de tubos LED:**

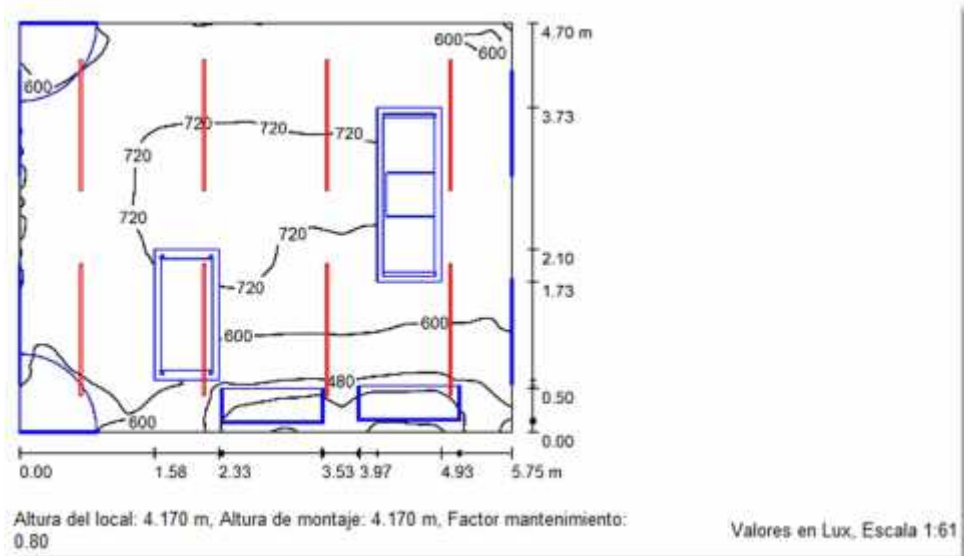
$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{3 * 8,7}{3} = 8,6177$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 8 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 60:** Distribución de los tubos LED.





**Figura 61:** Mapa de distribución de los tubos LED.

### Antesala

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente la Antesala.

- **Altura del plano de trabajo:** 3,32 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 34 se muestran sus principales características.

**Tabla 34:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm





**Figura 62:** Luminarias LED para la Antesala.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{3,4 * 6}{3,3 (3,4+6)} = \frac{2,4}{3,2} = 0,65$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu): 0,53**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (u)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 63:** Elección del Factor de utilización.

- **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 35:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

▪ **Flujo luminoso total:**

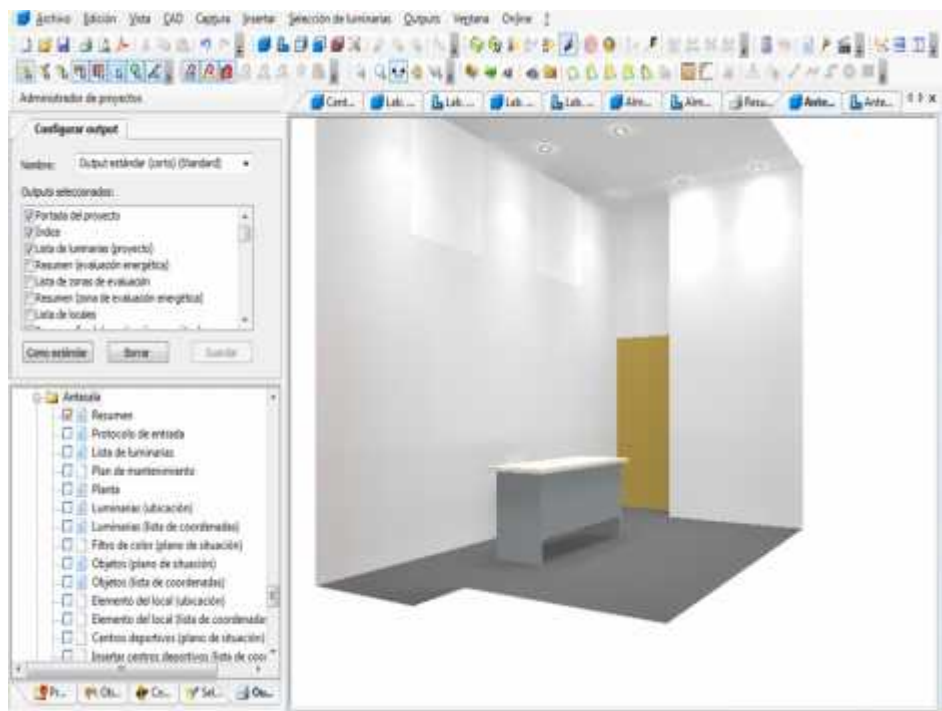
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{1 * (3,4 * 6)}{0,5 * 0,8} = \frac{2,0}{0,4} = 4.811,3207 \text{ lm}$$

▪ **Cálculo del número de luminarias LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{4.811,3}{5} = 9,6226$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 9 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 64:** Distribución de las luminarias LED.





**Figura 66:** Tubo LED para el Laboratorio de Electrónica Digital.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,7 * 8,9}{3,3 (1,7 + 8,9)} = \frac{1,9}{7,0} = 1,6250$$


▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.7

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,64**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 67:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 37:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

▪ **Flujo luminoso total:**

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (1,7 * 10^9)}{0,6 * 0,8} = \frac{6,9}{0,5} = 119.072,2656 \text{ lm}$$

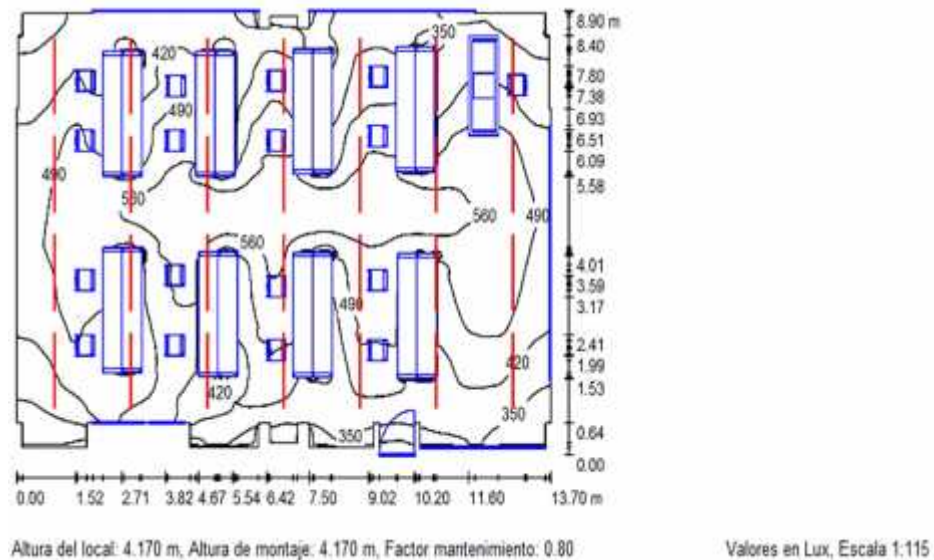
▪ **Cálculo del número de tubos LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{1,072,2656}{33} = 32,1816$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 28 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 68:** Distribución de tubos LED.



**Figura 69:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Laboratorio de Telecomunicaciones

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Laboratorio de Telecomunicaciones.

- **Altura del plano de trabajo:** 3,32 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 38 se muestran sus principales características.

**Tabla 38:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 70:** Tubos LED para el Laboratorio de Telecomunicaciones.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,7 \cdot 8,9}{3,3 (1,7 + 8,9)} = \frac{1,9}{7,0} = 1,6250$$


▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.7

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,64**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 71:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 38:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6



▪ **Flujo luminoso total:**

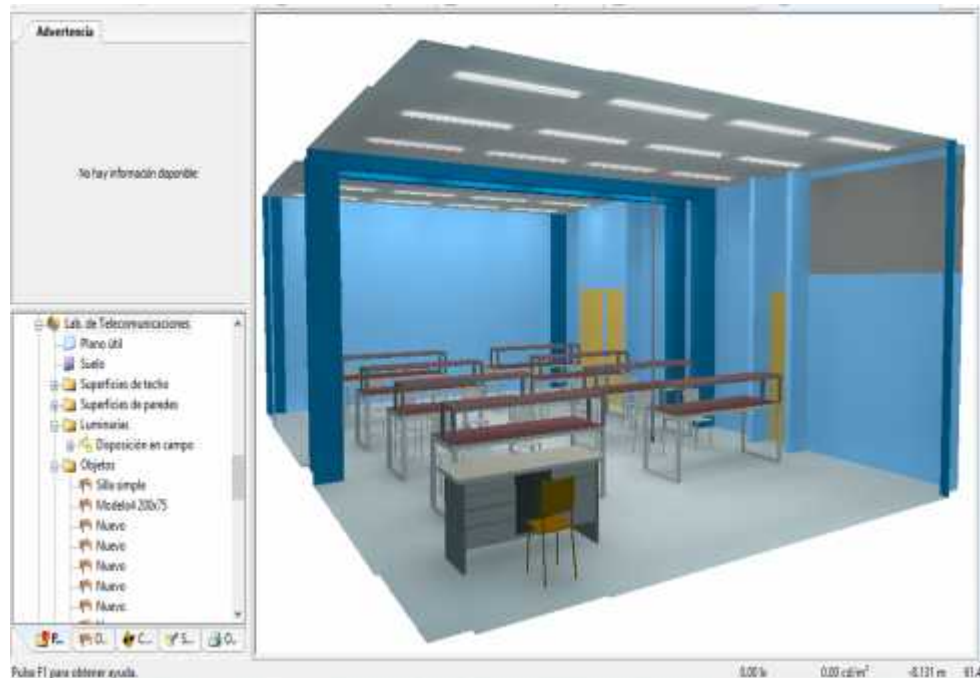
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (1,7 * 10^9)}{0,6 * 0,8} = \frac{6,9}{0,5} = 119.072,2656 \text{ lm}$$

▪ **Cálculo del número de tubos LED:**

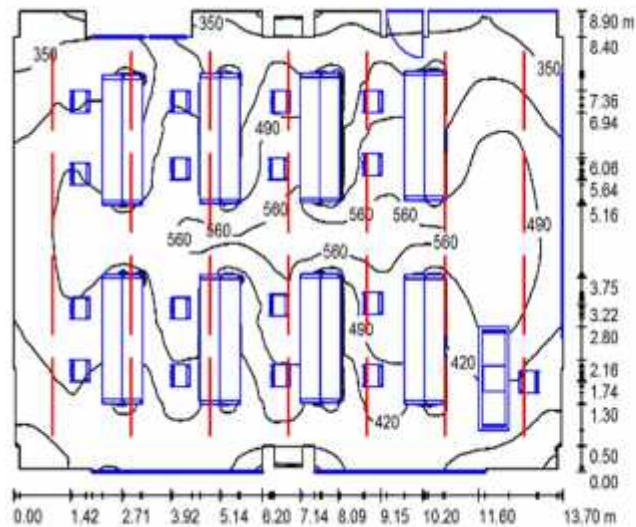
$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{1,02}{3} = 32,1816$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 28 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 72:** Distribución de tubos LED.





**Figura 73:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Almacén 2do Piso

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Almacén.

- **Altura del plano de trabajo:** 3,32 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 39 se muestran sus principales características.

**Tabla 39:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 74:** Tubos LED para el Almacén.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{5,7 \cdot 4,7}{3,3 (5,7 + 4,7)} = \frac{2,0}{3,7} = 0,7791$$

▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,53**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)															
		Factor de reflexión del techo															
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes										
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0				
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30				
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37				
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41				
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45				
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48				
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52				
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54				
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56				
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58				
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59				

**Figura 74:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 39:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

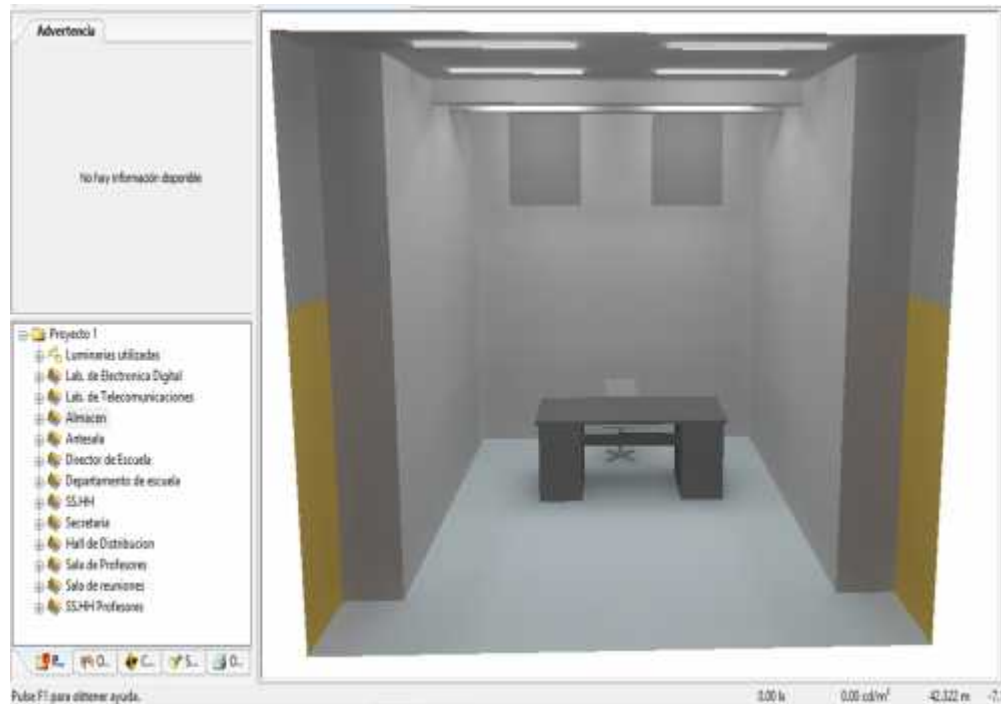
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (5,7 * 4,7)}{0,5 * 0,8} = \frac{131,5}{0,4} = 31.885,7311 \text{ lm}$$

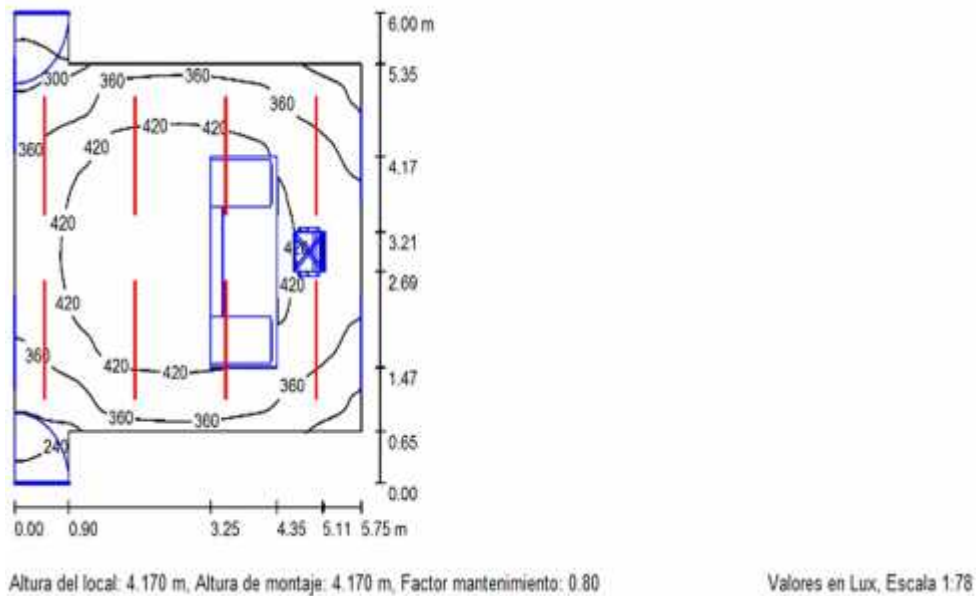
- **Cálculo del número de tubos LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{31.885,7}{3} = 8,6177$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 8 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 75:** Distribución de tubos LED.



**Figura 76:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Antesala

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente la antesala.

- **Altura del plano de trabajo:** 3,32 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 40 se muestran sus principales características.

**Tabla 40:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm



**Figura 76:** Luminaria LED para la Antesala.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{3,4 * 6}{3,3 (3,4+6)} = \frac{2,4}{3,2} = 0,65$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu): 0,53**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (u)											
		Factor de reflexión del techo						Factor de reflexión de las paredes					
		0.8	0.7	0.5	0.3	0		0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 76:** Elección del Factor de utilización.

- **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 41:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

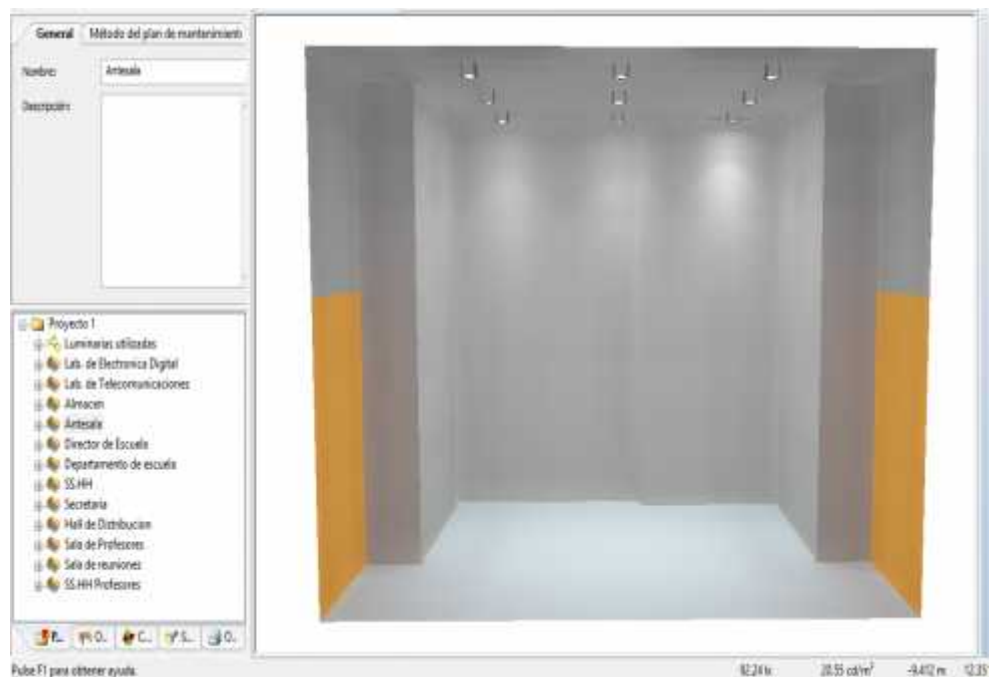
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{1 * (3,4 * 6)}{0,5 * 0,8} = \frac{2,0}{0,4} = 4.811,3207 \text{ lm}$$

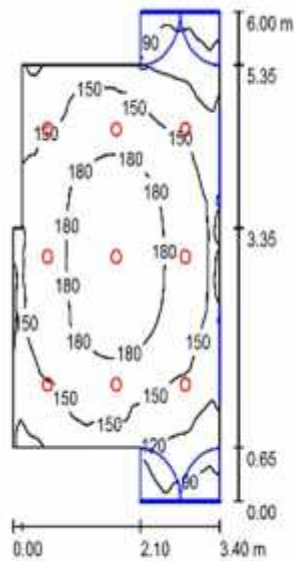
- **Cálculo del número de bombillas LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{4.811,3}{5} = 9,6226$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 9 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 77:** Distribución de luminarias LED.



Altura del local: 4.170 m, Altura de montaje: 4.170 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:78

**Figura 78:** Mapa de distribución de luminarias LED.

### Dirección de Escuela

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente la Dirección de Escuela.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 42 se muestran sus principales características.

**Tabla 42:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 79:** Tubo LED para la Dirección de Escuela.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{4,3 \cdot 2,7}{1,7 (4,3 + 2,7)} = \frac{1,6}{1,5} = 0,9288$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu):** 0,53

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 79:** Elección del Factor de utilización.

- **Factor de mantenimiento (Cm):** 0,8

**Tabla 43:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6



- **Flujo luminoso total:**

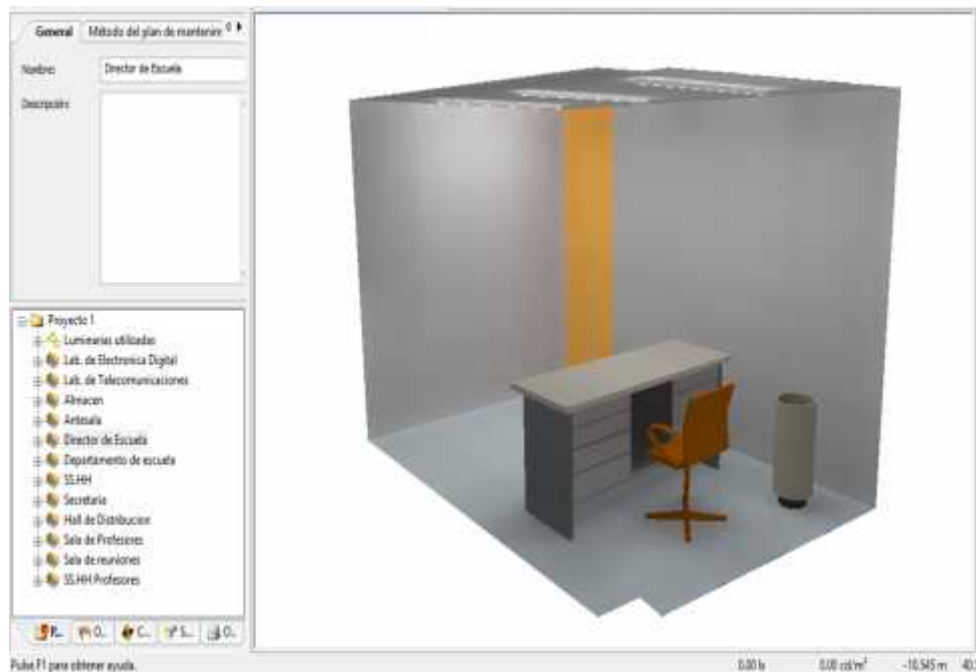
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (4,3 * 2,7)}{0,5 * 0,8} = \frac{5,8 * 4}{0,4} = 13.777,0047 \text{ lm}$$

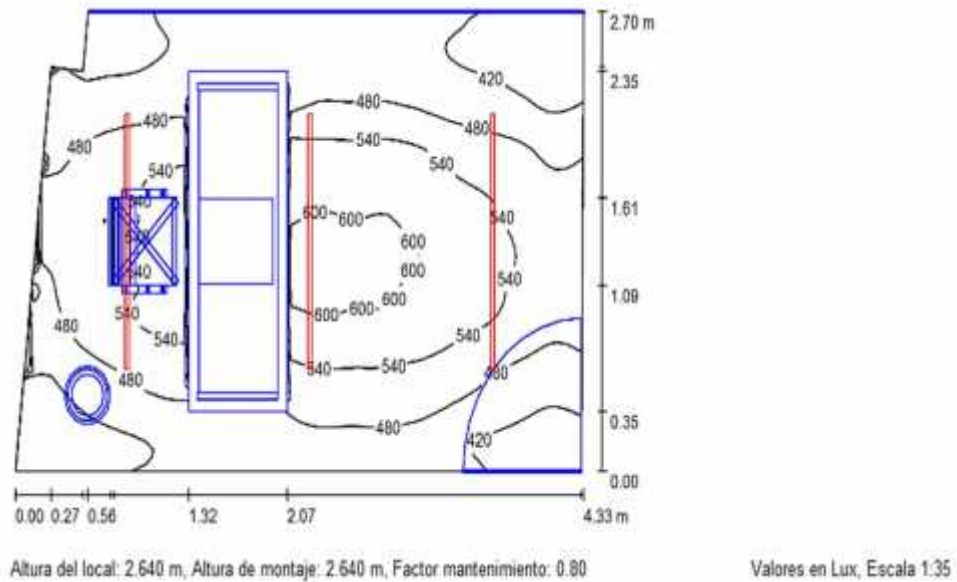
- **Cálculo del número de tubos LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{1 * 7,0}{3} = 3,7235$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 3 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 79:** Distribución de tubos LED.



**Figura 80:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Departamento de Escuela

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Departamento de Escuela.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 44 se muestran sus principales características.

**Tabla 44:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 81:** Tubos LED para el Departamento de Escuela.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{4,1 \cdot 5,3}{1,7 (4,1 + 5,3)} = \frac{2,9}{1,8} = 1,2976$$

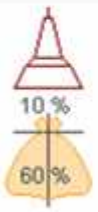
▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,58**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 81:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 45:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

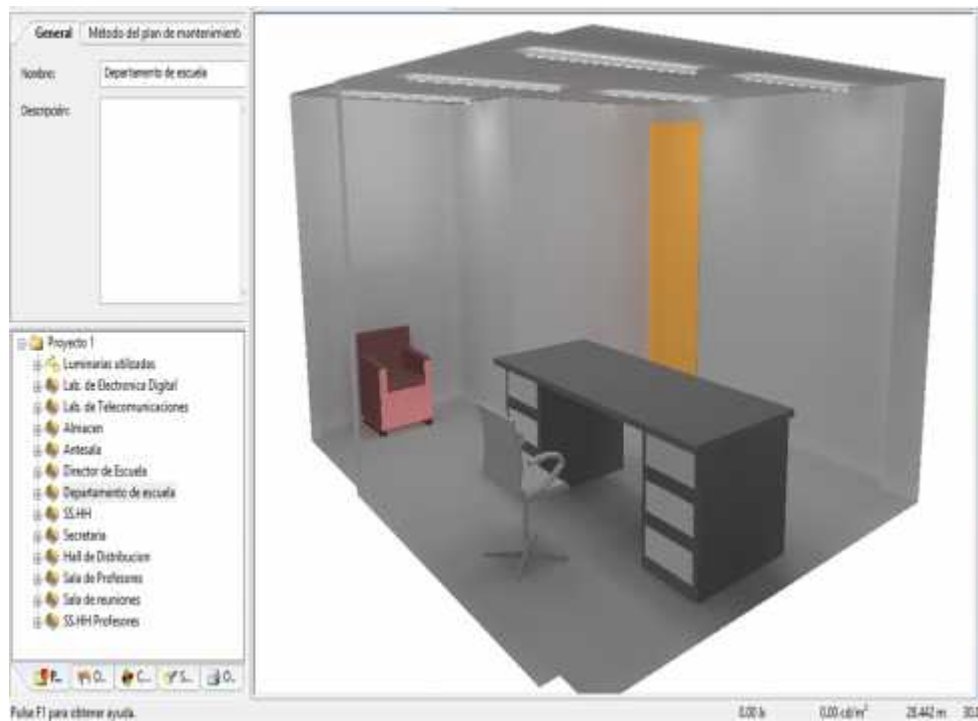
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (4,1 * 5,3)}{0,5 * 0,8} = \frac{109,7}{0,4} = 274,25 \text{ lm}$$

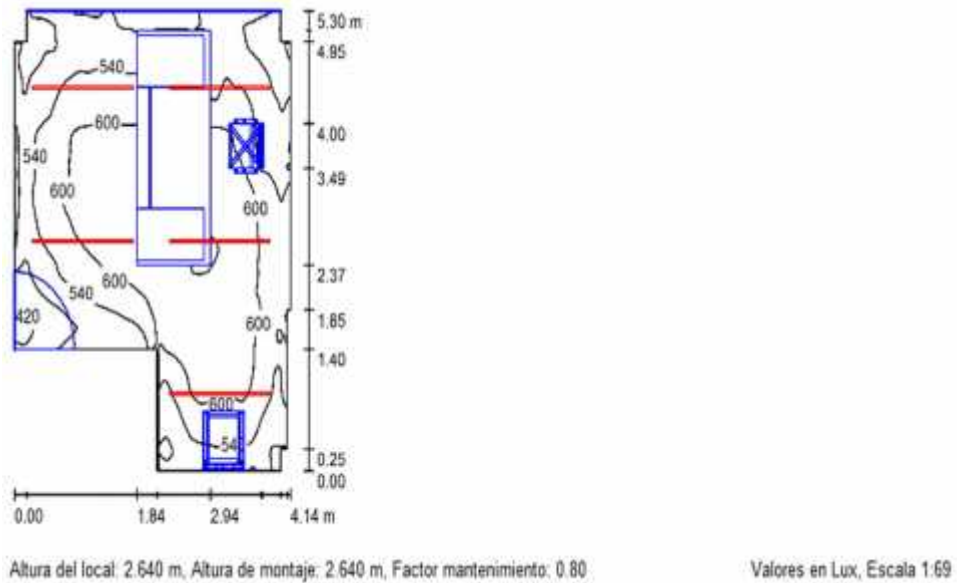
- **Cálculo del número de tubos LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{274,25}{40} = 6,856$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 5 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 82:** Distribución de tubos LED.



**Figura 83:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Servicios higiénicos

Para los servicios higiénicos se realizaron las siguientes consideraciones:

- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizará una luminaria LED de la marca Phillips. En la Tabla 46 se muestran sus principales características.

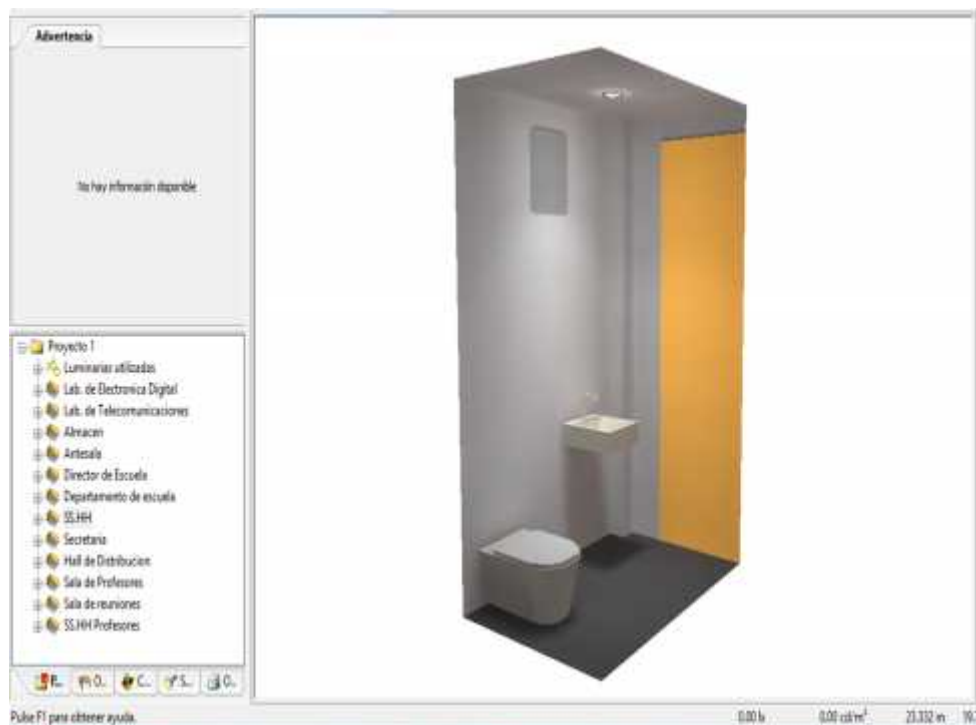
**Tabla 46:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm

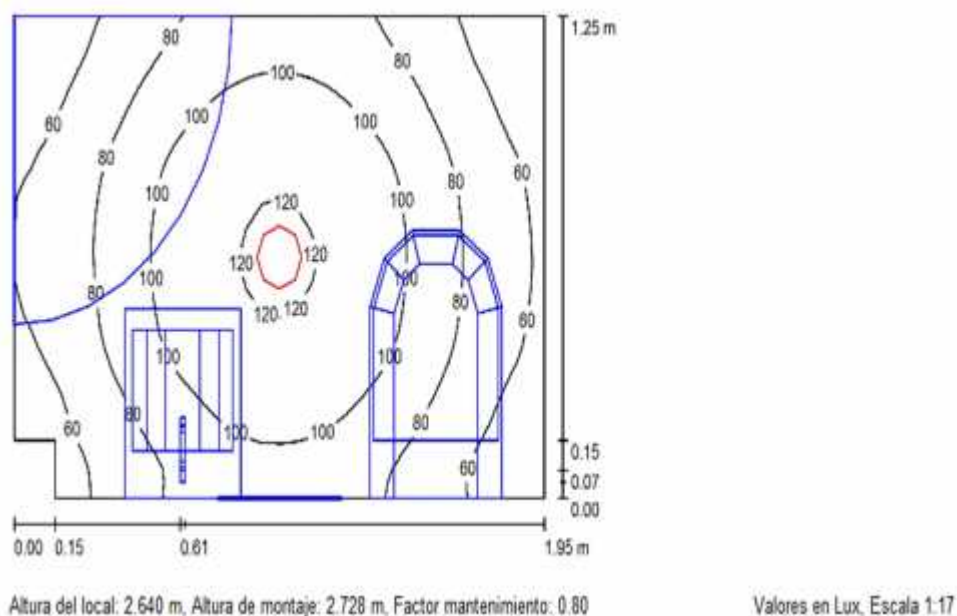


**Figura 84:** Luminaria LED para SS.HH.

Los servicios higiénicos constan de 1 luminaria con una iluminación media de 100 lux. Se eligió esta cantidad de luxes ya que sólo servirá para visitas temporales.



**Figura 85:** Distribución de luminaria LED.



**Figura 86:** Mapa de distribución de luminaria LED.

### Oficina de Secretaria

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente la Oficina de Secretaria.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 47 se muestran sus principales características.

**Tabla 47:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 86:** Tubo LED la Oficina de Secretaría.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{4,6 \cdot 2,5}{1,7 (4,6 + 2,5)} = \frac{1,9}{1,8} = 0,9254$$

- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu):** 0,53


Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)															
		Factor de reflexión del techo															
		Factor de reflexión de las paredes															
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0				
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30				
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37				
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41				
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45				
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48				
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52				
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54				
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56				
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58				
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59				

Figura 86: Elección del Factor de utilización.

- Factor de mantenimiento (Cm): 0,8

Tabla 48: Elección del Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- Flujo luminoso total:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

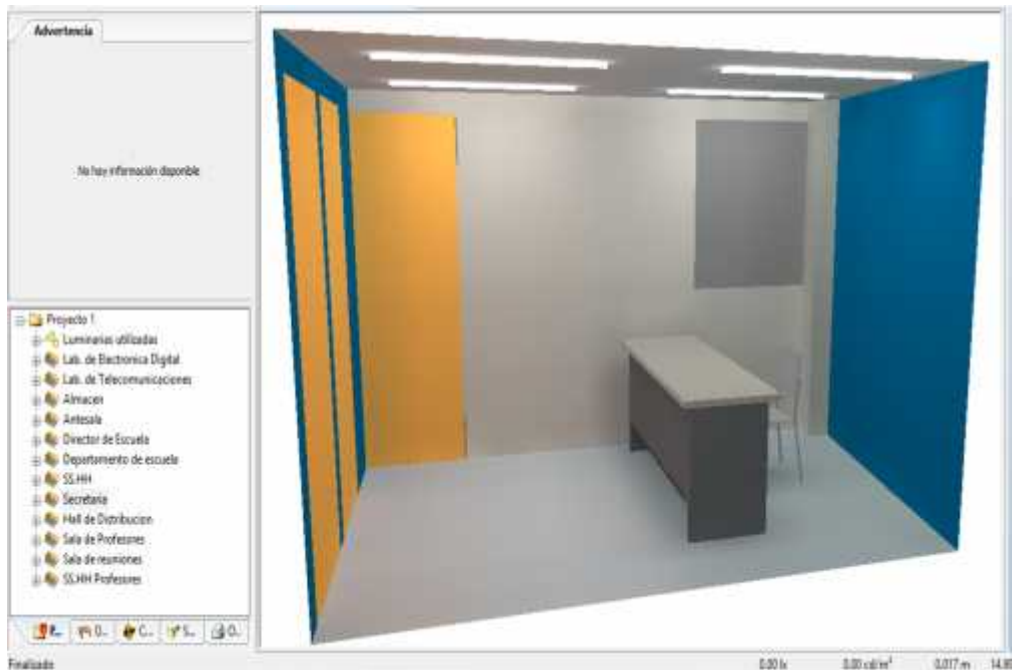
$$\Phi_T = \frac{5 \cdot (4,6 \cdot 2,5)}{0,5 \cdot 0,8} = \frac{5,9 \cdot 4}{0,4} = 14.055,2759 \text{ lm}$$

- Cálculo del número de tubos LED:

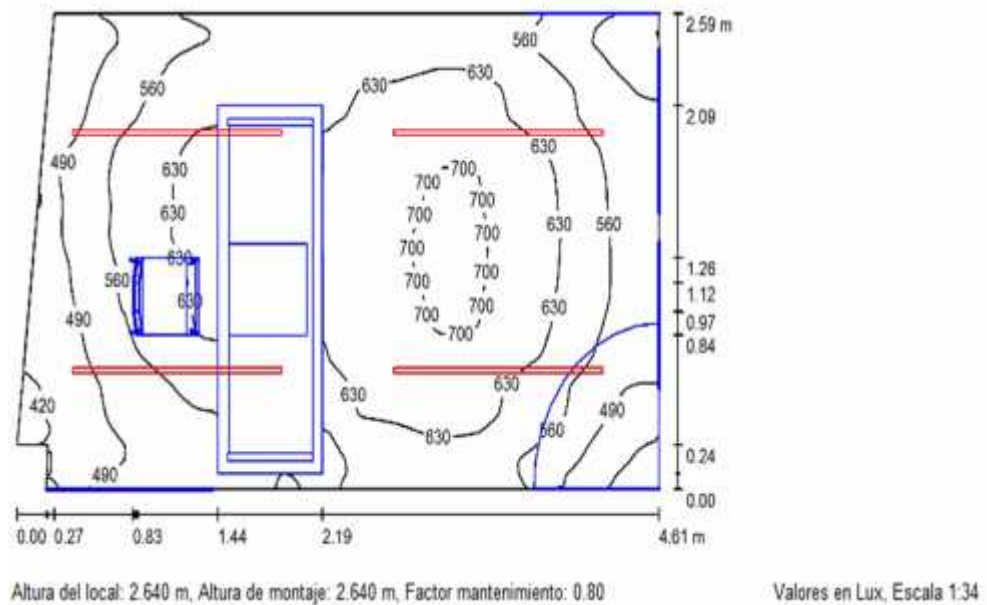
$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{1 \cdot 0,2}{3} = 3,7987$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 4 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.





**Figura 87:** Distribución de tubos LED.



**Figura 88:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Hall de Distribución

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Hall de Distribución.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 49 se muestran sus principales características.

**Tabla 49:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm



**Figura 89:** Luminarias LED para el Hall.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{2,9 \cdot 4,7}{1,7 (2,9 + 4,7)} = \frac{1,8}{1,6} = 1,0125$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu):** 0,53

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)													
		Factor de reflexión del techo													
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0		
 10 % 60 %	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30		
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37		
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41		
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45		
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48		
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52		
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54		
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56		
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58		
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59		

**Figura 90:** Elección del Factor de utilización.

- Factor de mantenimiento (Cm): 0,8

**Tabla 50:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- Flujo luminoso total:

$$\Phi_I = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

$$\Phi_I = \frac{1 \cdot (2,9 \cdot 4,7)}{0,5 \cdot 0,8} = \frac{13,5}{0,4} = 3.270,0471 \text{ lm}$$

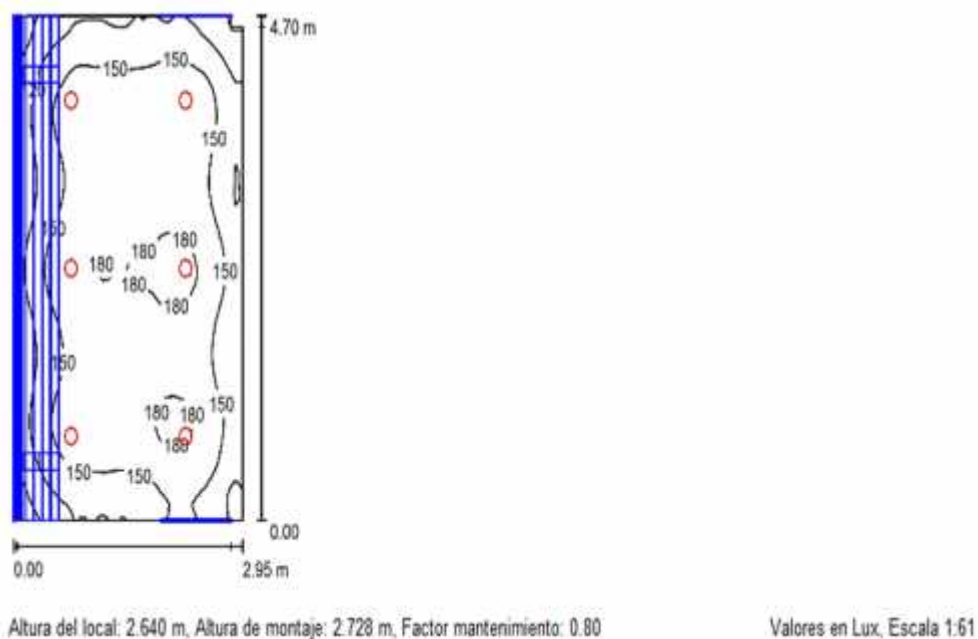
- Cálculo del número de bombillas LED:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{3.270,0}{5} = 6,54$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 6 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 91:** Distribución de luminarias LED.



**Figura 92:** Mapa de distribución de luminarias LED.

### Sala de Profesores

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente la Sala de profesores.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 51 se muestran sus principales características.

**Tabla 51:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 93:** Tubo LED para la Sala de profesores.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{5,8 \cdot 6,7}{1,7 (5,8 + 6,7)} = \frac{3,4}{2,5} = 1,7514$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu):** 0,66

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo					Factor de reflexión de las paredes							
		0.8	0.7	0.5	0.3	0								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
 10 % 60 %	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30	
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37	
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41	
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45	
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48	
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52	
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54	
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56	
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58	
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59	

**Figura 94:** Elección del Factor de utilización.

- Factor de mantenimiento (Cm): 0,8

**Tabla 52:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- Flujo luminoso total:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 \cdot (5,8 \cdot 6,7)}{0,6 \cdot 0,8} = \frac{2 \cdot 0,7}{0,5} = 37.953,9772 \text{ lm}$$

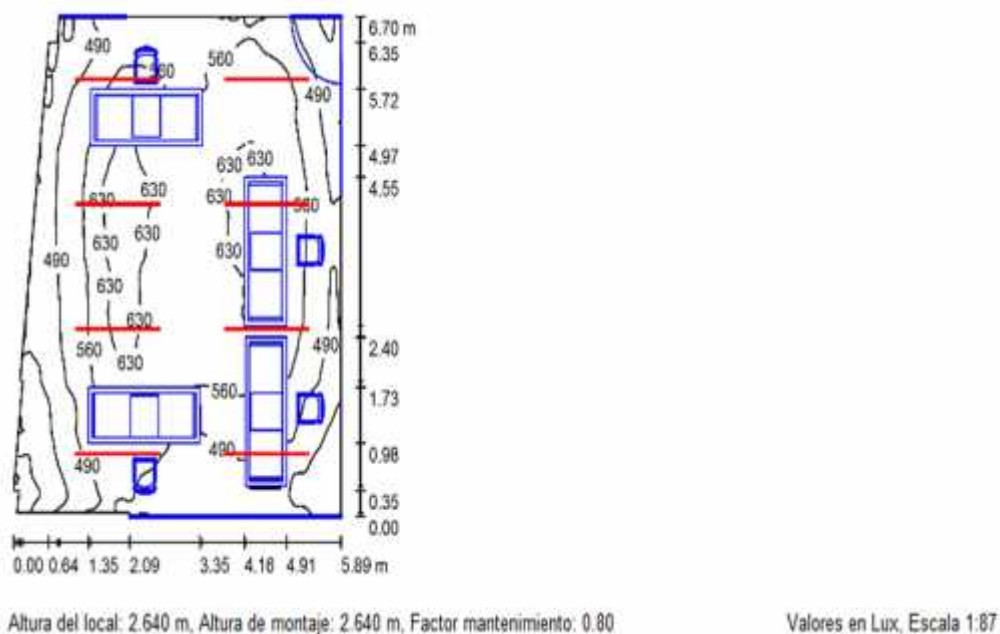
- Cálculo del número de tubos LED:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{3 \cdot 9,9}{3} = 10,2578$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 8 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 95:** Distribución de tubos LED.



**Figura 96:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Sala de Reuniones

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente la Sala de reuniones.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,79 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 53 se muestran sus principales características.

**Tabla 53:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 97:** Tubo LED para la Sala de reuniones.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{4,1 \cdot 6,6}{1,7 (4,1 + 6,6)} = \frac{2,2}{1,2} = 1,4204$$

- **Factor de Reflexión:**


Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu):** 0,62



Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo					Factor de reflexión de las paredes							
		0.8	0.7	0.5	0.3	0								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30	
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37	
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41	
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45	
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48	
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52	
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54	
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56	
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58	
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59	

**Figura 98:** Elección del Factor de utilización.

- Factor de mantenimiento (Cm): 0,8

**Tabla 54:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- Flujo luminoso total:

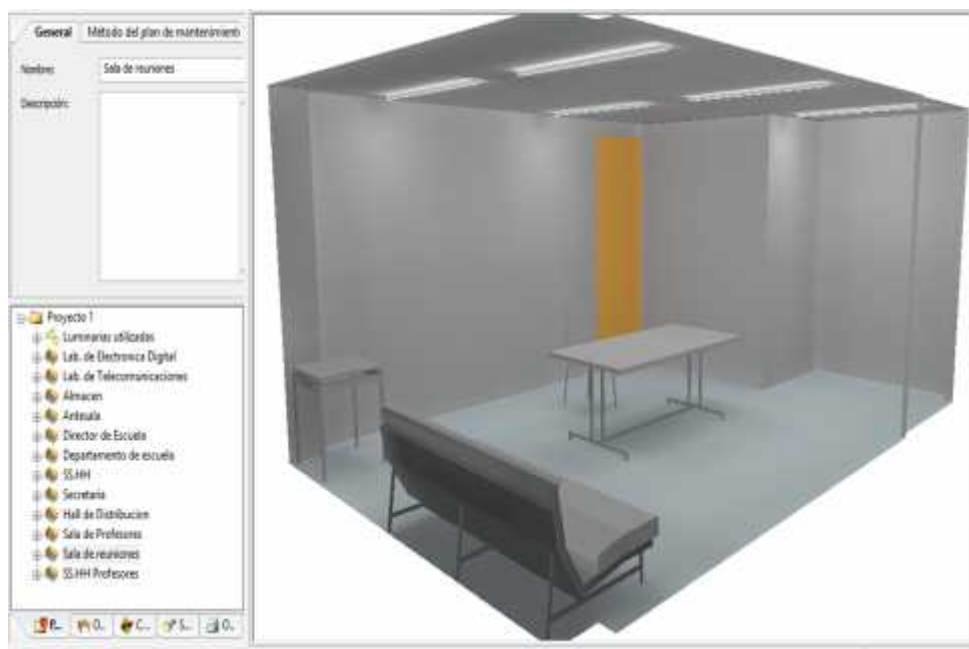
$$\Phi_I = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

$$\Phi_I = \frac{5 \cdot (4,1 \cdot 6,6)}{0,6 \cdot 0,8} = \frac{1 \cdot 6,8}{0,4} = 25.517,7419 \text{ lm}$$

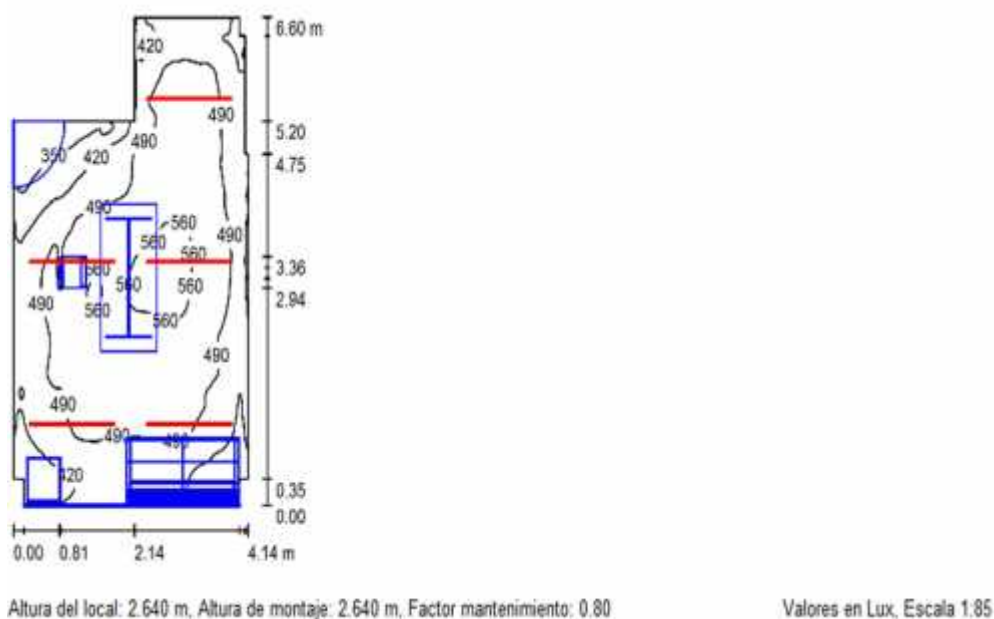
- Cálculo del número de tubos LED:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{2 \cdot 5,7}{3} = 7,4372$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 5 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 99:** Distribución de tubos LED.



**Figura 100:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Servicio higiénico de los profesores

Para los servicios higiénicos se realizaron las siguientes consideraciones:

- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizará una luminaria LED de la marca Phillips. En la Tabla 55 se muestran sus principales características.

**Tabla 55:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm

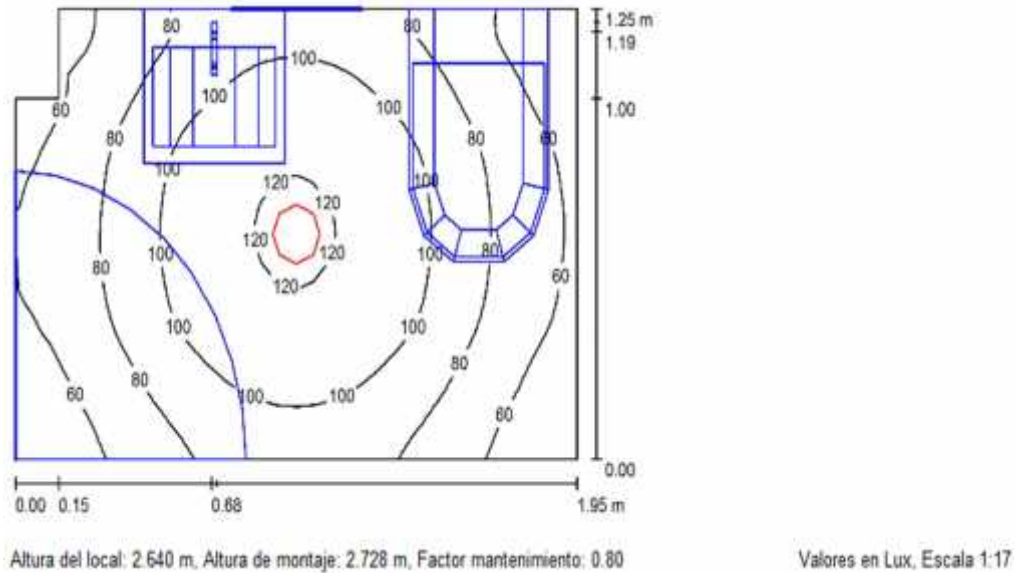


**Figura 101:** Luminaria LED para SS.HH.

Los servicios higiénicos constan de 1 luminaria con una iluminación media de 100 lux. Se eligió esta cantidad de luxes ya que sólo servirá para visitas temporales.



**Figura 102:** Distribución de la luminaria LED.



**Figura 103:** Mapa de distribución de la luminaria LED.

### 3.2.3. Elección de tubos y luminarias para el mesanine

#### Laboratorio de computación

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Laboratorio de Computación.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,96 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 500 lux.

$$E_m = 500 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán tubos LED de la marca Phillips. En la Tabla 56 se muestran sus principales características.

**Tabla 56:** Características del tubo LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
Phillips (Tipo 1)	24W	3700 lm



**Figura 104:** Tubo LED para Laboratorio de Computación.

▪ **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,1 \cdot 6,7}{1,9 (1,1 + 6,7)} = \frac{6,9}{3,0} = 2,0584$$


▪ **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

▪ **Factor de Utilización (Cu): 0,66**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (γ)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
D <sub>max</sub> = 1.0 H <sub>m</sub> f <sub>m</sub> .70 .75 .80	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 105:** Elección del Factor de utilización.

▪ **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 57:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{5 * (1,1 * 6,7)}{0,6 * 0,8} = \frac{3,9 * 7}{0,5} = 64.347,9166 \text{ lm}$$

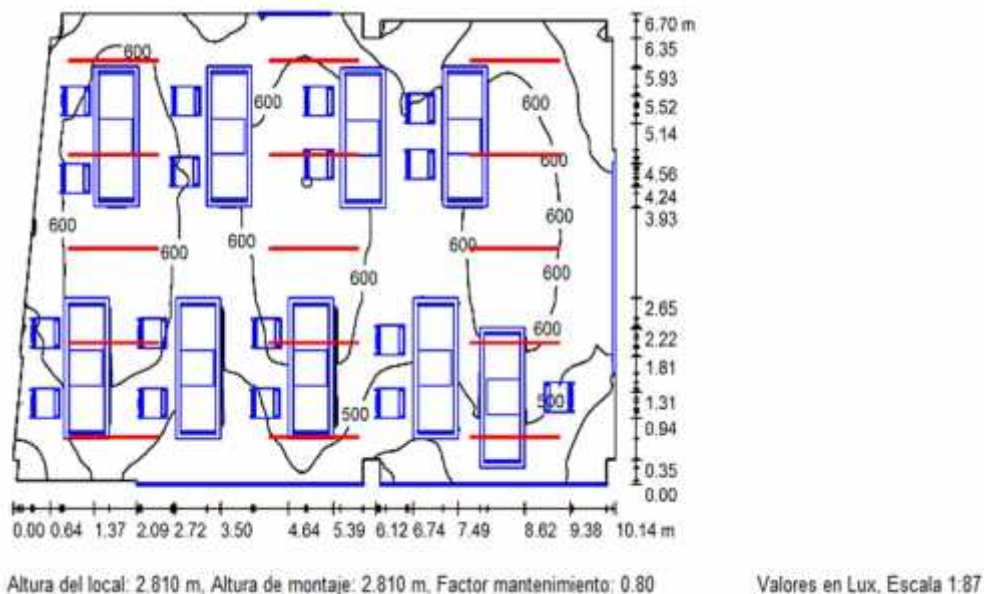
- **Cálculo del número de tubos LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{6,3 * 9}{3} = 17,3913$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 15 tubos LED con una iluminación media de 500 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 106:** Distribución de tubos LED.



**Figura 107:** Mapa de distribución de tubos LED.

### Mesanine

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Mesanine.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,95 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 58 se muestran sus principales características.

**Tabla 58:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm





**Figura 108:** Luminarias LED para el Mesanine.

- Índice del Local (k):

$$k = \frac{4,9 * 6,2}{1,9 (4,9 + 6,2)} = \frac{3,6}{2,7} = 1,4085$$


- Factor de Reflexión:

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- Factor de Utilización (Cu): 0,62

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (u)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
$D_{max} = 1.0 H_m$	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
$f_m .70 .75 .80$	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 109:** Elección del Factor de utilización.

- Factor de mantenimiento (Cm): 0,8

**Tabla 59:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6



- **Flujo luminoso total:**

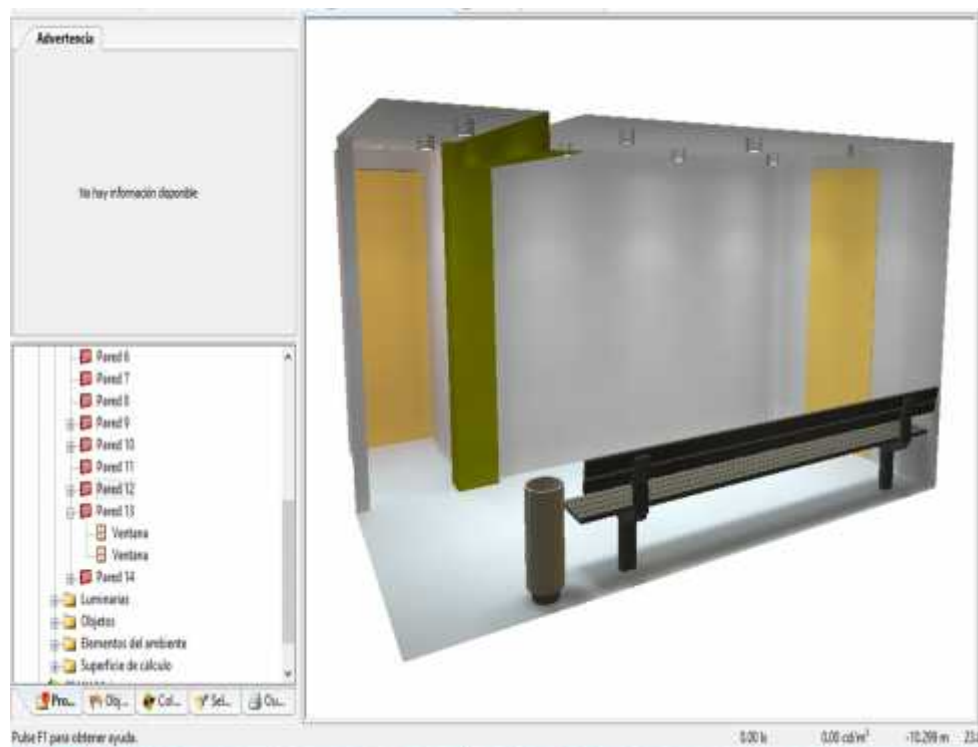
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{1 * (4,9 * 6,2)}{0,6 * 0,8} = \frac{30,5}{0,48} = 6.174,3951 \text{ lm}$$

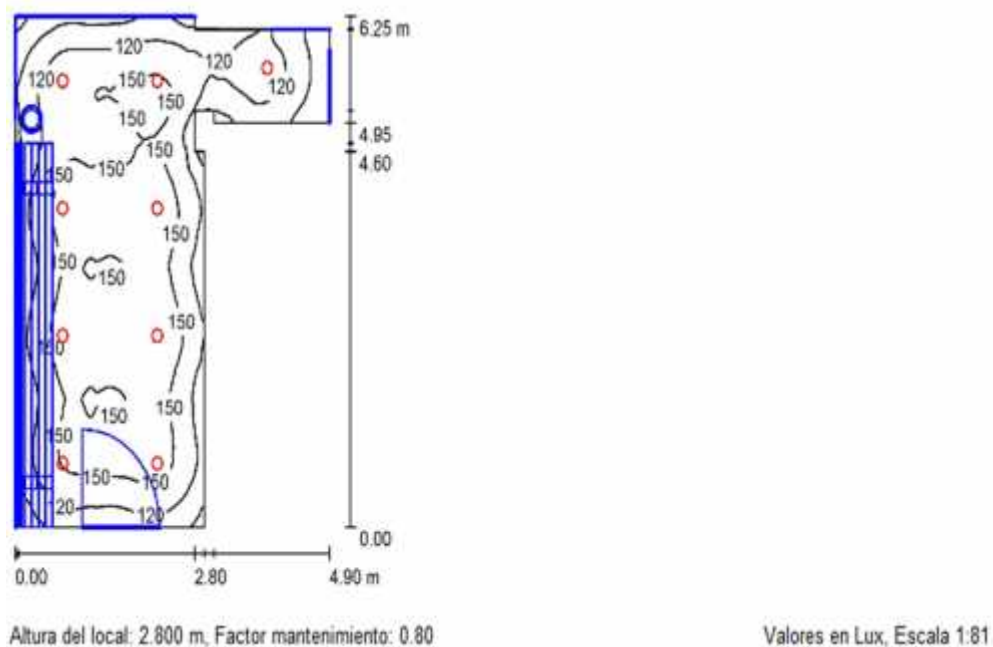
- **Cálculo del número de luminarias LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{6.174,39}{500} = 12,3487$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 9 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 110:** Distribución de luminarias LED.



**Figura 111:** Mapa de distribución de luminarias LED.

### Servicio higiénico de mujeres

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Servicio higiénico de mujeres.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,96 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 60 se muestran sus principales características.

**Tabla 60:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm



**Figura 112:** Luminarias LED para el SS.HH de mujeres.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{1,9 \cdot 4,1}{1,9 (1,9 + 4,1)} = \frac{8,0}{1,8} = 0,6803$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu): 0,53**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (u)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Figura 113:** Elección del Factor de utilización.

- **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 61:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{1 * (1,9 * 4,1)}{0,5 * 0,8} = \frac{8,2}{0,4} = 1.908,6084 \text{ lm}$$

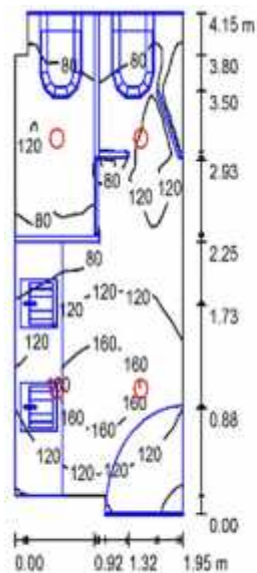
- **Cálculo del número de luminarias LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{1.908,6}{5} = 3,8172$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 4 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 114:** Distribución de luminarias LED.



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.888 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:54

**Figura 115:** Mapa de distribución de luminarias LED.

### Servicio higiénico de hombres

A continuación, se muestran los cálculos teóricos realizados para obtener los valores de los parámetros necesarios para iluminar correctamente el Servicio higiénico de hombres.

- **Altura del plano de trabajo:** 1,96 m.
- **Nivel de Iluminación del local:** Según la Norma EM010, la cantidad de luminancia adecuada es de 100 lux.

$$E_m = 100 \text{ lum/m}^2$$

- **Tipo de Iluminación:** Directa.
- **Identificación del tipo de lámpara:** Se utilizarán luminarias LED de la marca Phillips. En la Tabla 62 se muestran sus principales características.

**Tabla 62:** Características de la luminaria LED.

Nombre	Potencia	Flujo lumínico
DN561B	8W	500 lm



**Figura 116:** Luminarias LED para el SS.HH de mujeres.

- **Índice del Local (k):**

$$k = \frac{2 \cdot 5,3}{1,9 (2 + 5,3)} = \frac{1,6}{1,3} = 0,7408$$


- **Factor de Reflexión:**

Techo → Blanco o muy blanco = 0.8

Paredes → Claro = 0.5

Suelo → Oscuro = 0.3

- **Factor de Utilización (Cu): 0,53**

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (u)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8	0.7	0.5	0.3	0	Factor de reflexión de las paredes						
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.58	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59
D <sub>max</sub> = 1.0 H <sub>m</sub>													
f <sub>m</sub> .70 .75 .80													

**Figura 117:** Elección del Factor de utilización.

- **Factor de mantenimiento (Cm): 0,8**

**Tabla 63:** Elección del Factor de mantenimiento.

Ambiente	Factor de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Flujo luminoso total:**

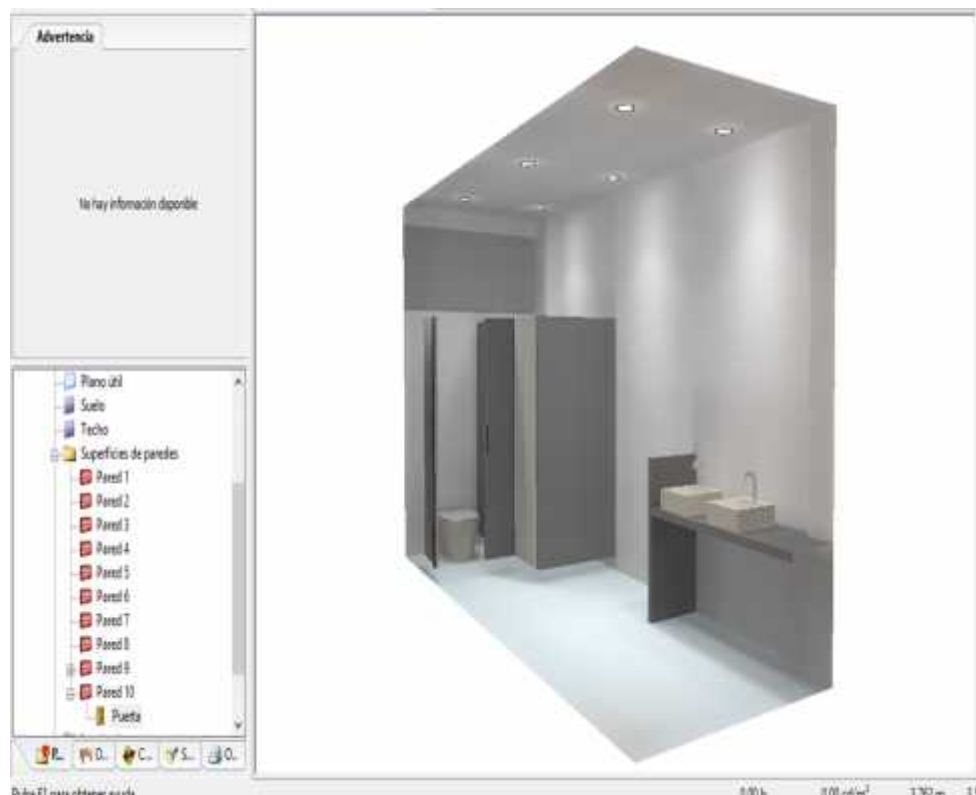
$$\Phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{1 * (2 * 5,3)}{0,5 * 0,8} = \frac{1,0}{0,4} = 2.500 \text{ lm}$$

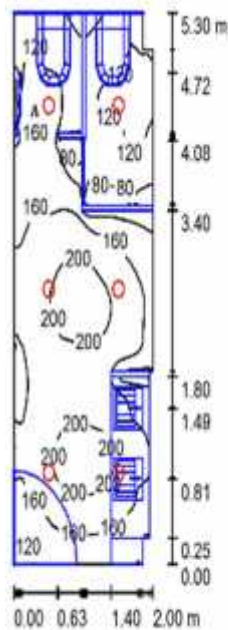
- **Cálculo del número de luminarias LED:**

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_L} = \frac{2.5}{5} = 5$$

Utilizando el software DIALux, se obtiene una distribución de 6 luminarias LED con una iluminación media de 100 lux y con un plano útil de trabajo de 0.85 m. Los cálculos realizados por el programa dependen del grado de reflexión de paredes, suelo y techo al igual que el color de las mesas.



**Figura 118:** Distribución de luminarias LED.



Altura del local: 2.810 m, Altura de montaje: 2.898 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

**Figura 119:** Mapa de distribución de luminarias LED.

### 3.3. Cálculo de potencia usando tecnología LED

A continuación, se muestra una tabla que muestra todos los ambientes con su respectivo valor de potencia usando tubos y luminarias LED.

**Tabla 64:** Potencia total con tecnología LED.

Nº de piso	Ambiente	Potencia
01	Ingreso principal	72W
01	Centro de producción	288W
01	Servicio higiénico de mujeres	24W
01	Servicio higiénico de hombres	24W
01	Laboratorio de Control y automatización	672W
01	Laboratorio de Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas	672W
01	Almacén	192W
01	Antesala	72W
02	Laboratorio de Electrónica Digital	672W
02	Laboratorio de Telecomunicaciones	672W
02	Almacén	192W
02	Antesala	72W
02	Dirección de Escuela	72W



02	Departamento de Escuela	120W
02	Servicios higiénicos	8W
02	Oficina de Secretaria	96W
02	Hall de Distribución	48W
02	Sala de Profesores	192W
02	Sala de Reuniones	120W
02	Servicio higiénico de los profesores	8W
Mesanine	Laboratorio de computación	360W
Mesanine	Mesanine	72W
Mesanine	Servicio higiénico de mujeres	32W
Mesanine	Servicio higiénico de hombres	48W

Utilizando los tubos y luminarias LED, la potencia total necesaria para iluminar todos los ambientes del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica es de 4800W. Este valor representa el 29.71% de la potencia necesaria para iluminar el laboratorio con tubos fluorescentes (16.152,12 W).

Con esa investigación se comprueba que utilizar la tecnología LED supone un gran ahorro energético y económico para el laboratorio. Además, la iluminación LED también es un gran beneficio para los estudiantes porque brinda mucha claridad en todos los ambientes de la escuela.

---

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

---

## **CAPITULO IV**

#### **4.1. Conclusiones**

- Se desarrolló satisfactoriamente el diseño de un sistema de iluminación LED para disminuir el consumo de energía del laboratorio de Ingeniería Electrónica.
- Se realizó el cálculo de consumo actual de energía del laboratorio de Ingeniería Electrónica utilizando como herramienta de medición una pinza amperimétrica.
- Se seleccionó correctamente el software (DIALux), lo que permitió simular el sistema de iluminación LED y la distribución correcta de los tubos y luminarias de cada ambiente analizado.
- Se determinó que el mejor modelo de luminarias fue la de iluminación directa intensiva y de acuerdo al software se determinó el tipo de tecnología led adecuada.
- Finalmente, se comprobó que el sistema de iluminación existente de los ambientes del laboratorio de ingeniería electrónica consume una potencia 16.152,12 W y utilizando la tecnología LED se consumiría una potencia de 4800 W, obteniendo un ahorro de energía del 29.71%.

#### **4.2. Recomendaciones**

- En caso que pueda implementarse éste diseño y se compruebe el correcto funcionamiento del mismo, podría también implementarse en todos los ambientes de la UNPRG.
- Se debe tener un fluido de energía estable en los ambientes en el caso de que fuera a implementarse.
- Se podría implementar un circuito electrónico que pueda estar conectado a un computador con la finalidad de almacenar toda la información proveniente del sistema de iluminación LED y mostrar los resultados en un software que permita hacer estadísticas sobre el uso del sistema, así como verificar el estado de los elementos y determinar cuándo las luminarias cumplan con su ciclo de vida útil y reemplazarlas por otras.

---

# **ANÁLISIS DE COSTOS**

---

## **CAPITULO V**

### 5.1. Costos por compra de tubos y luminarias LED

La siguiente tabla muestra el costo por la compra de tubos y luminarias LED.

**Tabla 65:** Costo por compra de la tecnología LED.

Ítem	Cantidad	Marca	Precio unitario	Precio Total
Luminaria LED DN561B	60	Phillips	S/.64,90	S/.3894,00
Tubo Led – Tipo 1	180	Phillips	S/.49,90	S/.8982,00

Por lo tanto, el costo para adquirir la cantidad de tubos y luminarias LED (240 unidades) necesarias para iluminar todos los ambientes del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica es de S/.13.876,00

### 5.2. Costos de instalación

La siguiente tabla muestra el costo por la instalación de tubos y luminarias LED.

**Tabla 66:** Costo por instalación de la tecnología LED.

Ítem	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Luminaria LED DN561B	60	S/.30,00	S/.1.800,00
Tubo Led – Tipo 1	180	S/.35,00	S/.6.300,00

Por lo tanto, el costo para instalar la cantidad de tubos y luminarias LED (240 unidades) necesarias para iluminar todos los ambientes del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica es de S/.8.100,00

### 5.3. Costo total

La siguiente tabla muestra el costo total por la compra e instalación de tubos y luminarias LED.

**Tabla 67:** Costo total por la compra e instalación de la tecnología LED.

Ítem	Precio Total
Costo por compra	S/.13.876,00
Costo por instalación	S/.8.100,00

Por lo tanto, el costo total por la compra e instalación de tubos y luminarias LED (240 unidades) necesarias para iluminar todos los ambientes del laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica es de S/.21.976,00.

#### 5.4. Costo en tarifa eléctrica

Se realizaron tablas estadísticas para comparar las tarifas eléctricas de la tecnología actual de luminarias del laboratorio, con la nueva tecnología LED propuesta y así ver que tan rentable es dicha tecnología.

**Tabla 68:** Tarifa eléctrica usando la tecnología actual.

AMBIENTE CON LUMINARIAS CONVENCIONALES	POTENCIA	TIEMPO (hh:mm)	CONSUMO Kw/h (1dia)	CONSUMO Kw/h (1mes)	TARIFA ELECTRICA S/0.55 (1dia)	TARIFA ELECTRICA S/0.55 (1mes)
Laboratorio de Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas	2289.6	12	27.4752	824.256	S/ 15.11	S/ 453.34
Laboratorio de Control y automatización	2315.52	12	27.78624	833.5872	S/ 15.28	S/ 458.47
Laboratorio de Electrónica Digital	2298.24	12	27.57888	827.3664	S/ 15.17	S/ 455.05
Laboratorio de Telecomunicaciones	2315.52	12	27.78624	833.5872	S/ 15.28	S/ 458.47
Laboratorio de computación	1719.36	12	20.63232	618.9696	S/ 11.35	S/ 340.43
Almacén N°01	708.48	12	8.50176	255.0528	S/ 4.68	S/ 140.28
Almacén N°02	371.52	10	3.7152	111.456	S/ 2.04	S/ 61.30
Centro de Producción	978.48	12	11.74176	352.2528	S/ 6.46	S/ 193.74
Dirección de escuela	369.36	10	3.6936	110.808	S/ 2.03	S/ 60.94
Sala de profesores y sustentación	978.48	10	9.7848	293.544	S/ 5.38	S/ 161.45
Ingreso Principal	669.6	4	2.6784	80.352	S/ 1.47	S/ 44.19
Antesala	596.16	10	5.9616	178.848	S/ 3.28	S/ 98.37
Mesanime	153.36	4	0.61344	18.4032	S/ 0.34	S/ 10.12
Antesala	216	10	2.16	64.8	S/ 1.19	S/ 35.64
Hall distribución	181.44	4	0.72576	21.7728	S/ 0.40	S/ 11.98
<b><u>TOTAL</u></b>	<b>16161.12</b>	<b>146</b>	<b>180.8352</b>	<b>5425.056</b>	<b>S/ 99.46</b>	<b>S/ 2,983.78</b>

**Tabla 69:** Tarifa eléctrica usando la tecnología LED.

AMBIENTE CON LUMINARIAS LED	POTENCIA	TIEMPO (hh:mm)	CONSUMO Kw/h (1dia)	CONSUMO Kw/h (1mes)	TARIFA ELECTRICA S/0.55 (1dia)	TARIFA ELECTRICA S/0.55 (1mes)
Laboratorio de Electrónica de Potencia y Máquinas Eléctricas	672	12	8.064	241.92	S/ 4.44	S/ 133.06
Laboratorio de Control y automatización	672	12	8.064	241.92	S/ 4.44	S/ 133.06
Laboratorio de Electrónica Digital	672	12	8.064	241.92	S/ 4.44	S/ 133.06
Laboratorio de Telecomunicaciones	672	12	8.064	241.92	S/ 4.44	S/ 133.06
Laboratorio de computación	360	12	4.32	129.6	S/ 2.38	S/ 71.28
Almacén N°01	192	12	2.304	69.12	S/ 1.27	S/ 38.02
Almacén N°02	192	10	1.92	57.6	S/ 1.06	S/ 31.68
Centro de Producción	288	12	3.456	103.68	S/ 1.90	S/ 57.02
Dirección de escuela	72	10	0.72	21.6	S/ 0.40	S/ 11.88
Sala de profesores y sustentación	192	10	1.92	57.6	S/ 1.06	S/ 31.68
Ingreso Principal	72	4	0.288	8.64	S/ 0.16	S/ 4.75
Antesala	72	10	0.72	21.6	S/ 0.40	S/ 11.88
Mesanime	72	4	0.288	8.64	S/ 0.16	S/ 4.75
Antesala	72	10	0.72	21.6	S/ 0.40	S/ 11.88
Hall Distribución	48	4	0.192	5.76	S/ 0.11	S/ 3.17
<b>TOTAL</b>	<b>4320</b>	<b>146</b>	<b>49.104</b>	<b>1473.12</b>	<b>S/ 27.01</b>	<b>S/ 810.22</b>

- Se compararon las tablas estadísticas de las dos tecnologías, teniendo como resultado que empleando la tecnología LED se tendrá un ahorro mensual de S/2.173,56, lo cual comprobaría que el proyecto es rentable, de implementarse el mismo su inversión es de S/21.976,0 y comparando resultados dicha inversión se recuperaría a partir del mes 11, el monto ganado podría utilizarse para otras actividades que pueda necesitar la escuela de ingeniería electrónica.

**Tabla 70:** Resultados de rentabilidad usando tecnología LED

	1er MES	2do MES	3er MES	10mo MES
<b>TECNOLOGIA ILUMINACION ACTUAL</b>	<b>S/2.983,78</b>	<b>S/2.983,79</b>	<b>S/2.983,80</b>	<b>S/2.983,81</b>
<b>TECNOLOGIA ILUMINACION LED</b>	<b>S/810.22</b>	<b>S/810.22</b>	<b>S/810.22</b>	<b>S/810.22</b>
<b>AHORRA C/mes</b>	<b>S/2.173,56</b>	<b>S/2.173,57</b>	<b>S/2.173,58</b>	<b>S/2.173,59</b>
<b>TOTAL AHORRO EN 10 MESES</b>	<b>S/21.735,6</b>			
<b>TOTAL INVERSION EN TECNOLOGIA LED</b>	<b>S/21.976,0</b>			



---

# **BIBLIOGRAFÍA**

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Lámparas antiguas.

<https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiO3Nb3z-nYAhUECKwKHSOxCXAQFghSMAg&url=https%3A%2F%2Fwww.farooutlet.es%2Flamparas-antiguas&usg=AOvVaw0ZGZZhDo2Z-s8loWNxHTsE>

[2] Diseño de iluminación de interiores.

<http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>

[3] Iluminación LED. Ahorro, eficiencia e innovación.

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1142/ILUMINACION%20LED.%20AHORRO%2C%20EFICIENCIA%20E%20INNOVACION.%20%C2%BFPROYECTO%20DE%20MEJORA%20DE%20LA%20ILUMINACION%20DE%20UN%20HOTEL%C2%BF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[4] Criterios de diseño en iluminación y color.

[http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/criterios\\_iluminacion.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/criterios_iluminacion.pdf)

[5] Cálculo de Iluminación.

<https://es.scribd.com/document/45560291/Iluminacion-calculos-simples>

[6] Cálculo de Instalación de Alumbrado.

<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

[7] Iluminación en el Puesto de Trabajo.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Iluminacion%20en%20el%20puesto%20de%20trabajo.pdf>

[8] LLUMOR. Pasión por la Eficiencia Energética.

<http://www.llumor.es/tubo-led/tubo-led-t8-philips-master-ultra-output-uo>

[9] Niveles recomendados de iluminación por zonas.

<https://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>

[10] Raitelli, M. Diseño de Iluminación de Interiores

<http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap08.pdf>